

Università Cattolica del Sacro Cuore
Facoltà di Medicina e Chirurgia "A. Gemelli"

Landesfachhochschule für Gesundheitsberufe Bozen
Scuola Provinciale Superiore di Sanità Bolzano
Claudiana

**CORSO DI LAUREA IN ORTOTTICA / ASSISTENZA OFTALMOLOGICA
LAUREATSSTUDIENGANG FÜR ORTHOPTIK / OPHTHALMOLOGISCHE
ASSISTENZ**

**TESI DI LAUREA
DIPLOMARBEIT**

*Sport Vision Training: effetti sulle performance visive e sportive di una
squadra di pallamano femminile*

*Sport Vision Training: Wirkung auf die visuelle und sportliche Leistung einer
Frauenhandballmannschaft*

Relatore/ Erstbetreuer:
Dott. Zorzi Gianni

Correlatore/ Zweitleser:
Dott. Waldner Lukas

Laureanda/ Verfasserin der Diplomarbeit:
Hillebrand Vera

Anno Accademico / Akademisches Jahr 2019/20

Inhaltsverzeichnis

Abstract	
1. Einleitung	1
2. Grundlegende Konzepte und Literaturanalyse	2
2.1. Definition Sport Vision	2
2.2. Visuelle Informationsverarbeitung im Sport	3
2.3. Visuelle Fähigkeiten im Sport	4
2.4. Sportartspezifische visuelle Fähigkeiten	7
2.5. Untersuchung	8
2.6. Trainingsmethoden	9
2.7. Zielgruppe	12
2.8. Sehkorrektur im Sport	12
2.9. Augenverletzungen im Sport	13
3. Materialien und Methoden	14
3.1. Ziel der Arbeit	14
3.2. Teilnehmer	14
3.3. Studiendesign	15
3.4. Anthropometrische Parameter	16
3.5. Visuell klinische Parameter	16
3.6. Beschreibung der visuellen Trainingswand	17
3.7. Aufgabenverfahren der visuomotorischen Aufgabe	19
3.8. Fragebogen	19
3.9. Statistik	19
4. Ergebnisse	20
5. Diskussion	36
6. Schlussfolgerung	42
Literaturverzeichnis	
Anhang	

Abstract

Ziel der Studie: es gilt zu untersuchen ob es durch ein spezifisches visuomotorisches Training, zur Förderung der Auge- Hand Koordination, der peripheren Wahrnehmung und der visuomotorischen Reaktionszeit, zu einem Übertragungseffekt auf die sportliche Leistung kommt und ob die visuomotorische Aufgabe zu einer Änderung orthoptischer Parameter führt.

Materialien und Methoden: 13 Handballspielerinnen im Alter von 14 bis 21 Jahren wurden in die teilweise randomisierte cross- over Studie miteinbezogen und nach dem Zufallsprinzip, unter Berücksichtigung der Spielposition, in zwei Gruppen eingeteilt. Die Daten des Forschungsgegenstandes wurden mittels einen orthoptischen Eingangstest und Ausgangstest, der Reaktionszeit der visuomotorischen Aufgabe an einer Trainingswand, den erzielten Toren der Meisterschaftsspiele und einem Fragebogen erhoben.

Ergebnisse: alle Teilnehmerinnen erzielten eine signifikative Verbesserung der Reaktionszeit an der Trainingswand, jedoch konnte zu keinem Zeitpunkt der Meisterschaft eine Änderung der sportlichen Leistung innerhalb der zwei Gruppen festgestellt werden. Im Gesamtkollektiv kam es zu einer Änderung der Konvergenz ($p= 0,037$), der Einzelwerte DEM - Am ($p= 0,002$) und DEM - Bm ($p= 0,005$), sowie der Gesamtzeit der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit ($p= 0,002$), zwischen dem orthoptischen Eingangs- und Ausgangstest.

Schlussfolgerung: als wesentliches Ergebnis dieser Studie konnte festgestellt werden, dass es durch ein mehrwöchiges Training an der Trainingswand zu einer Verbesserung der Reaktionszeit kommt, es jedoch keinen Übertragungseffekt auf die sportliche Leistung gibt. Durch die visuomotorische Aufgabe kommt es zu geringen statistisch signifikanten Änderungen der orthoptischen Parameter, die als klinisch nicht relevant gewertet wurden.

Key words: Auge- Hand Koordination, visuomotorische Reaktionszeit, periphere Wahrnehmung, Sport Vision

1. Einleitung

Aufgrund der fortschreitenden Dynamisierung im Sport nehmen die Anforderungen an einen Athleten stetig zu und erfordern hochkomplexe visuomotorische Koordinationsleistungen, basierend auf einer Vielfalt an Sehfunktionen. Ein Athlet sollte über eine herausragende Bewegungswahrnehmung, eine gute Auge- Hand Koordination und eine angemessene Antizipationsfähigkeit verfügen. Zusätzlich spielen weitere Teilleistungen des visuellen Systems wie das räumliche und periphere Sehen eine entscheidende Rolle.

Daher wurden zahlreiche Sport Vision Programme und Trainingsmethoden entwickelt, die darauf zielen sportliche Ergebnisse zu verbessern. Da wissenschaftliche Belege fehlen, ist die Effektivität dieser Programme jedoch umstritten. Derzeit konzentrieren sich die Forschungsarbeiten, im Bereich der visuellen Leistungsfähigkeit im Sport und deren möglicher Optimierung, im Wesentlichen auf zwei Fragestellungen:

- Können visuelle Fähigkeiten durch ein systematisches Training verbessert werden?
- Führt dies konsekutiv zu besseren sportlichen Leistungen?
(Schapschröer 2011)

Das primäre Ziel dieser vorliegenden Arbeit liegt darin zu untersuchen ob es durch eine spezifische visuomotorische Aufgabe, die der Förderung der Auge- Hand Koordination, der peripheren Wahrnehmung und der visuomotorischen Reaktionszeit dient, zu einem Übertragungseffekt auf die sportliche Leistung kommt.

Das sekundäre Ziel liegt darin zu überprüfen ob sich durch die spezifische visuomotorische Aufgabe orthoptische Parameter verändern.

Bei den Teilnehmerinnen der Studie handelt es sich um die italienische Frauenhandballmannschaft ASC Schenna, die sich einem 12- wöchigen visuomotorischem Training unterzog.

Die Daten des Forschungsgegenstandes wurden mittels eines aufgabenspezifischen klinischen Eingangstest und Ausgangstest,

visuomotorische Trainingseinheiten an der Trainingswand, der Erfassung der erzielten Tore und einen Fragebogen erhoben. Diese wurden anschließend einer statistischen Analyse unterzogen, um zu bewerten, ob mögliche Unterschiede angesichts der geringen Teilnehmerzahl als signifikant zu betrachten sind.

2. Grundlegende Konzepte und Literaturanalyse

Von Kindheit an, aber auch im Erwachsenenalter, spielen körperliche Aktivitäten eine grundlegende Rolle im Leben eines jeden Menschen, sei es zum Spielen, zum Überleben, für Amateure oder für berufliche Zwecke. Das Konzept der sportlichen Leistung basiert auf der ständigen Ausübung grundlegender körperlicher und geistiger Fähigkeiten, um diese zu verbessern und effektiver einzusetzen.

Unter der alten Definition „deport“, aus dem antiken Französisch, versteht man Sport als eine Form von „Vergnügen und Spaß“, die eine Form des Wettbewerbs beinhalten (CNTRL 2020).

In Italien üben schätzungsweise über 20 Millionen Menschen, ab dem Alter von 3 Jahren, regelmäßig (24,4% der Bevölkerung) oder gelegentlich (9,8%) eine oder mehrere Sportarten aus und der Trend nimmt ständig zu (Istat 2017). Insbesondere Sportarten wie die zahlreichen Ballsportarten, Motorsportarten, Jagdsportarten und andere erfordern den Einsatz zahlreicher Fähigkeiten des visuellen Systems und die Verarbeitung beträchtlicher Informationsmengen vom visuellen Rezeptor. Da visuelle Fähigkeiten in viele Sportarten allgemein als kritisches Element anerkannt werden, hat das Interesse an der Einführung von Übungen zur Verbesserung dieser Fähigkeiten allmählich zugenommen. Sport Vision befasst sich mit diesem speziellen Bereich.

2.1. Definition Sport Vision

Der Begriff „Sport Vision“ beschreibt den Prozess der Aufklärung, der Bewertung, der Korrektur und den Schutz des Sehvermögens, der darauf abzielt, die sportliche Leistung zu verbessern, um Sport und sportliche Wettkämpfe sicherer, angenehmer und erfolgreicher zu machen (Reichow 1986). Dafür werden verschiedene Trainingsverfahren, mit anspruchsvollen visuellen Wahrnehmungs- und okulomotorischen Aufgaben genutzt, um das

Sehvermögen durch die Integration von sensorischen, neurologischen und motorischen Reize zu verbessern.

2.2. Visuelle Informationsverarbeitung im Sport

Die Leistung eines Athleten in einem sportlichen Wettbewerb wird durch innere, sowie äußere Merkmale individuell unterschiedlich beeinflusst. Um die optimale Leistung zu realisieren, sind nicht nur Kondition, Technik und Taktik entscheidend, sondern auch visuelle und kognitive Faktoren (Kolodziej 2007).

Bei sportlichen Leistungen muss der Athlet visuelle Informationen verarbeiten und eine angemessene motorische Reaktion ausführen. Laut Erickson (2007) ist dies das Ergebnis von 3 Verarbeitungsmechanismen: der Wahrnehmungsmechanismus, der Entscheidungsmechanismus und der Effektormechanismus.

Eine Vielzahl an sensorischen Reizen wird über den Wahrnehmungsmechanismus aufgenommen. Auf Grund der Begrenzung der sensorischen Kanalkapazität, muss der Athlet jene Informationen filtern, die für die Ausführung der erforderlichen Aufgabe relevant sind. Anschließend werden diese Informationen im Entscheidungsmechanismus verarbeitet, um geeignete motorische Reaktionen auszuwählen. Dieser Mechanismus erfordert, dass der Athlet in der Lage ist, die Aufmerksamkeit auf entscheidende Elemente zu lenken und die wichtigsten, aus allen verfügbaren Informationen auswählt, organisiert und interpretiert. Das sportliche Wissen und die Erfahrung des Athleten haben einen wesentlichen Einfluss auf die Effektivität des Entscheidungsmechanismus.

Die vom Entscheidungsmechanismus ausgewählte motorische Antwort wird dann an den Effektormechanismus übertragen. Dieser ist zuständig die verarbeiteten Informationen in geeignete motorische Reize umzuwandeln und an die zuständigen Gehirnzentren weiterzuleiten, um eine angemessene Reaktion auszuführen. Die Motorreaktion wird durch den Effektormechanismus sowohl ausgelöst als auch gesteuert.

Das grundlegende Ziel von Trainingsprogrammen zur Verbesserung der visuellen Fähigkeiten besteht darin, den Athleten darauf zu konzentrieren, große Informationsmengen in kürzerer Zeit zu verarbeiten und gleichzeitig den

Wahrnehmungs- und Effektormechanismus zu aktivieren. Letztendlich verbessert dies die Geschwindigkeit und Effizienz des Entscheidungsmechanismus.

2.3. Visuelle Fähigkeiten im Sport

Das Sehen im Sport gilt als ein komplexer Wahrnehmungsprozess, zusammengesetzt aus grundlegenden visuellen Fähigkeiten, visuomotorischen Funktionen und visuellen Wahrnehmungsfunktionen. Hierbei handelt es sich nicht allein um das Sehen von 10/10, sondern um ein Gleichgewicht aus verschiedenen visuellen Fähigkeiten, wie der Sehschärfe, der Okulomotorik, das räumliche Sehen, der Akkommodation und Vergenz, der zentralen und peripheren Wahrnehmung, der Auge- Hand Koordination und der visuomotorischen Reaktionszeit.

2011 schrieb Jendrusch „Sehen ist nicht gleich Sehen“. Mit dieser Aussage bezog er sich auf die statische und dynamische Sehschärfe. Die statische Sehschärfe ist jene Fähigkeit, stillstehende Objekte und deren Details in Bezug auf Größe und Lagebeziehung visuell zu erfassen (Kaufmann 2012a). Die dynamische Sehschärfe beschreibt die Fähigkeit feine räumliche Details wahrzunehmen, wenn es zu einem Bewegungsunterschied zwischen Beobachter und Zielobjekt kommt. Dabei kann es sich um die Beobachtung dynamischer Objekte während der Kopffixierung handeln oder um statische Objekte während der Kopf- und Körperbewegung (Palidis 2017).

Sowohl für die statische, als auch für die dynamische Sehschärfe, benötigt es die Okulomotorik, denn diese ermöglicht die Fixation bewegungsloser Objekte, sowie die Blickstabilisierung und die Foveation bewegter Objekte. Um ein bewegungsloses Objekt zu fixieren führt das Auge Mikrobewegungen, d.h. Mikodrifts, Mikrotremor und Mikrosakkaden durch, um das Netzhautbild auf der Fovea zu halten. Hingegen, um ein bewegtes Objekt foveal zu erfassen, benötigt es Sakkaden. Diese ermöglichen durch rasche Augenbewegungen Fixationspunkte zu wechseln und das Bild auf die Fovea zu bringen. Um die Stabilisation des Blickes zu gewährleisten benötigt es mehrere Teilsysteme:

- Den vestibulo-okulären Reflex um ein Objekt, während kleiner Rotationen des Kopfes, auf der Netzhaut zu halten
- Den optokinetischen Reflex um ein Objekt, während großer Rotationen des Kopfes oder bei Bewegungen des umliegenden Umfeldes zu stabilisieren
- Langsame Folgebewegungen (smooth pursuit) um ein sich bewegendes Objekt foveal zu halten
- Das Vergenzsystem um das Bild foveal zu halten, wenn sich das Objekt auf der antero- posterioren Sehachse bewegt (Drago 2009).

Das räumliche Sehen, auch Tiefensehen genannt, liefert Informationen über die Entfernung eines Objektes und dient der Raumorientierung. Man unterscheidet das beidäugige Stereosehen von dem monokularen Tiefensehvermögen (Jendrusch 2019). Beim Stereosehen handelt es sich um die Fähigkeit, Informationen zur Entfernung eines Objektes zu erhalten. Mit Zunahme der Entfernung eines Objektes erlangt das monokulare Tiefensehvermögen zunehmende Bedeutung. Dieses basiert auf monokulare Tiefenkriterien wie Bewegungssparallaxe, perspektivische Verkürzungen, Linienüberschneidungen und scheinbare Gegenstandsgrößen (Jendrusch 2009).

Die Akkommodation und die Vergenz benötigt es um den Fokus von einem fernen Objekt auf ein nahes Objekt, oder umgekehrt, zu ändern. Dies ist insbesondere leistungsbeeinflussend in Sportarten, in denen sich der Athlet auf mehrere Objekte konzentrieren muss wie beispielsweise den Spielgrenzen, Torpfosten, den Ball und Mitspieler. Die Akkommodation beschreibt die Änderung der Linsenkrümmung um Objekte aus verschiedenen Entfernungen klar fokussieren zu können (Buys 2008). Die Vergenz ermöglicht gegensinnige Augenbewegungen beider Augen um ein Zielobjekt auf korrespondierenden Netzhautpunkten abzubilden (Kaufmann 2012a).

Die zentrale und periphere Wahrnehmung ist jene Fähigkeit den zentralen Fokus auf ein Objekt zu halten, dabei aber umliegende Objekte aus der Peripherie wahrzunehmen. Das zentrale Sehen wird über die Fovea

wahrgenommen und liefert Detailinformationen. Das periphere Sehen, wird hingegen über die Netzhautperipherie wahrgenommen und liefert Informationen über die Bewegung (Buys 2008).

Die Auge- Hand Koordination ermöglicht durch synchronisierte motorische Reaktionen beider Hände auf visuelle Reize, aktiv mit der Umwelt zu interagieren (Erickson 2007). Dabei bewegen Menschen nicht nur ihre Augen, sondern führen eine Reihe von Handbewegungen aus, darunter auch das Erreichen und Greifen von Objekten. Hierfür sind das binokulare Sehen und die stereoskopische Tiefenwahrnehmung von grundlegender Bedeutung, um die Entfernung richtig abzuschätzen (Maiello 2017).

Im Sport benötigt es einen hohen Grad an Koordinierungsentwicklung um möglichst schnell Entscheidungen, basierend auf visuellen Reizen, zu treffen. Die Auge- Hand Koordination gilt als wesentlicher Faktor für das Fangen eines Balles, das Gleichgewicht und den Erfolg in Zielsportarten (Ellison 2015).

Die Reaktionszeit ist ein Maß für die Schnelligkeit, mit der ein Organismus auf eine Art Reiz reagiert und definiert das Zeitintervall zwischen der Präsentation des Stimulus und der angemessenen Reaktion des Subjekts (Jain 2015). Die visuomotorische Reaktionszeit beschreibt die motorische Reaktion auf einen visuellen Stimulus.

Weitere leistungsbeeinflussende Anforderungen an den Athleten sind die visuelle Anpassbarkeit und die Visualisierung. Um rasch auf Umgebungs- oder Umweltveränderungen reagieren zu können, benötigt es die Fähigkeit der visuellen Anpassbarkeit. Dies beschreibt ein flexibles visuelles System um die motorischen Reaktionen des Körpers auf Umweltveränderungen genau anzupassen und zu steuern. Die Visualisierung bezieht sich auf die Fähigkeit eines Athleten ein mentales Bild von Situationen, Handlungen oder Ereignissen zu erstellen um dadurch zu erfahren, wie Aktionen verfeinert werden können (Potgieter 2009).

2.4. Sportartspezifische visuelle Fähigkeiten

Sportarten können nach verschiedenen Merkmalen, wie dem Wettkampfsort (indoor oder outdoor), den Bewegungsabläufen (dynamisch oder nicht-dynamisch) oder nach Anzahl der Athleten (Mannschaftssport oder Einzelsport) klassifiziert werden. Je nach Sportart und Merkmalen, benötigen Athleten ein unterschiedliches Maß an visuellen Fähigkeiten (Roy 2016).

Tabelle 1 Sportbezogene visuelle Aufgabenanalyse

Theoretisches Profil der visuellen Fähigkeiten in einem breiten Spektrum von Sportarten					
	Sehschärfe	Dynamische Sehschärfe	Okulomotorik	Auge- Hand Koordination	Tiefensehen
Bogenschießen	4	1	3	5	2
Basketball	3	3	4	5	5
Fußball	3	4	5	5	5
Golf	3	1	4	5	5
Handball	4	5	5	5	5
Laufen	1	1	2	1	1
Skifahren	5	5	5	5	5
Schwimmen	1	1	1	1	1
Tennis	4	5	5	5	5
Akkommodation- Vergenz					
zentrale- und periphere Wahrnehmung					
Bogenschießen	3	5	1	5	2
Basketball	3	5	5	5	5
Fußball	3	5	5	5	3
Golf	3	5	5	5	5
Handball	5	5	5	5	3
Laufen	1	4	3	1	4
Skifahren	3	5	5	5	5
Schwimmen	1	4	3	1	4
Tennis	5	5	5	5	5

Auszug aus der Tabelle „Sports Visual Task Analysis“ von Gardner und Sheridan (1995). Die in der Tabelle enthaltenen Werte beziehen sich auf die Bedeutung einer bestimmten Funktion in Bezug auf Sportarten, wobei 1 nicht sehr relevant und 5 sehr relevant bedeutet.

Der Handballsport gilt als ein sehr dynamischer, körperbetonter Mannschaftssport, der hohe Anforderungen an das visuelle System stellt. Aufgrund der ständigen Bewegung der Gegner, Mitspieler und des Balles werden vorwiegend dynamische Informationen verarbeitet und erfordern eine ausgeprägte dynamische Sehschärfe, Okulomotorik und zentrale und periphere Wahrnehmung. Um Entfernung weiterer Athleten einzuschätzen zu können gilt auch das Tiefensehen als leistungsbeeinflussend. Ebenso die visuomotorische Reaktionszeit, die visuelle Anpassbarkeit und die Visualisierung um rasch auf Situationen reagieren zu können. Eine effektive Auge- Hand Koordination im Handball benötigt es, um Pässe anzunehmen, Pässe zu machen und in der Abwehr.

2.5. Untersuchung

Das Sport Vision Training beruht auf einer Beurteilung der visuellen Fähigkeiten des Athleten. Der erste Schritt besteht darin eine anamnestische Beurteilung des Athleten zu erstellen. Darin wird nach den Anliegen des Athleten gefragt, der persönliche und familiären Anamnese mit besonderem Merkmal auf Augenerkrankungen. Zusätzlich wird nach Symptomen wie Verschwommensehen, Doppelbilder oder visuellen Beschwerden gefragt. Anschließend wird die statische und dynamische Sehschärfe überprüft. Die statische Sehschärfe kann anhand verschiedener Visustafeln gemessen werden. Zu beachten ist dabei, eine standardisierte Methode der Messung zu nutzen, um eine genaue Angabe der Sehschärfe zu erzielen. Zur Prüfung der dynamischen Sehschärfe, werden meist Zahlen oder Buchstaben genutzt. Diese befinden sich entweder auf einer rotierenden Scheibe oder werden projiziert und bewegen sich seitlich. Derzeit sind nur wenige Messinstrumente der dynamischen Sehschärfe auf dem Markt verfügbar (Roy 2016). Mit einer anschließenden Refraktionsbestimmung, anhand subjektiver und objektiver Verfahren, werden eventuelle Sehfehler ermittelt.

Die Qualität des Tiefensehens gilt in vielen Sportarten als leistungsbeeinflussend, dabei ist jedoch zwischen dem statischen und dem dynamischen Tiefensehen zu unterscheiden. Die meisten Messverfahren beziehen sich auf das statische Tiefensehen, wobei im Sport meist das

Tiefensehen in Bewegung von größerer Bedeutung ist. Derzeit ist kein Instrument im Handel verfügbar, welches erlaubt das dynamische Tiefensehen mit Gültigkeit und Zuverlässigkeit zu messen (Erickson 2007).

Die Akkommodation kann mittels verschiedener Methoden beurteilt werden. Dabei wird die Akkommodationsbreite durch die Bestimmung des Nah- und Fernpunktes ermittelt. Zudem kann die Geschwindigkeit der akkommodativen Antwort mittels den „Accommodative facility Test“ untersucht werden. Dabei muss der Athlet ein Motiv in einer Entfernung von 40 cm durch einen Flipper, mit Plus- und Minuslinsen (± 2 dpt), beobachten und angeben wann das Ziel scharfgestellt ist. Darauf wird der Flipper gewendet und der Athlet gibt an, wann das Zielobjekt scharf gesehen wird. Dies wird für eine Minute wiederholt und angegeben wie viele Zyklen der Athlet pro Minute abgeschlossen hat (Maxwell 2012).

Die Vergenzfunktion kann mittels der Fusionsbreite im freien Raum untersucht werden. Durch eingeführte Prismen, muss das Vergenzssystem die Augenausrichtung anpassen um die Fusion wiederherzustellen. Die Prismen werden solange erhöht bis keine Fusion mehr möglich ist, anschließend werden die Prismen wieder verringert, bis Fusion wieder möglich ist (Kaufmann 2012b).

Die Augendominanz wird ermittelt, indem der Athlet dazu aufgefordert wird seine Hände übereinander zu legen und ein Dreieck zu bilden, diese auf Armlänge hält und ein Target in der Ferne fixiert. Der Untersucher kann somit erkennen welches Auge der Athlet bevorzugt.

Die Auge- Hand Koordination kann an verschiedenen Geräten (Cordes 2013, Zupan 2006), überprüft werden. Je nach Sportart können und sollten weitere Sehfunktionen untersucht werden.

2.6. Trainingsmethoden

Ziel des Sport Vision Trainings ist es eine Leistungsverbesserung im Sport durch eine Optimierung der visuellen Fähigkeiten des Athleten zu erhalten. Dabei stehen sporttypische visuelle Fähigkeiten im Zentrum und werden durch verschiedene Trainingsmodalitäten verbessert. Hierbei kann es sich um Trainingsmethoden im Trainingszentrum mittels Übungen an verschiedenen

Trainingsgeräten handeln und/oder um computergestütztes Visualtraining (Cordes 2013).

Aufgrund zahlreicher verschiedener Trainingskonzepte und deren variierenden methodischen Vorgehensweise erscheint es sinnvoll die verschiedenen Trainingsmethoden in Bezug auf ihre zugrunde liegenden Trainingskonzepte zu differenzieren. Man unterscheidet zwischen sportartunspezifischen Sehtraining und sportartspezifischen Methoden (Schapschröer 2011).

Sportartunspezifische Sehtrainings dienen ausschließlich der Optimierung physiologisch determinierter Sehfunktionen. Hierbei bezieht man sich vorwiegend auf den Ansatz, dass der Erfolg im Wettkampf das Ergebnis einer Kaskade vieler Teilprozesse ist, die aufeinander aufbauen. Kommt es zu Einschränkungen einzelner Komponenten, können diese zur Leistungsminderung führen. Hingegen durch die Verbesserung der Fähigkeiten elementarer Komponenten kann es zu einer Verbesserung der Gesamtleistung kommen (Appelbaum 2016).

Bei sportartspezifischen Methoden wird das Training auf die spezifischen visuellen Anforderungen einer Sportart angepasst (Schapschröer 2011). Mit Hilfe bestimmter Übungen und dem Einsatz bestimmter Elemente, die in das normale Training eingebaut werden, verändert sich das Trainingserlebnis und die Optimierung der visuellen Fähigkeit wird angestrebt. Hierbei bezieht sich das Trainingskonzept nicht auf elementare Fähigkeiten, sondern konzentriert sich auf die natürliche Leistungsumgebung (Appelbaum 2016).

Ein weiterer Trainingsansatz ist die hybride Trainingsmethode. Dabei werden unspezifische Übungen im Trainingszentrum mit sportartspezifischen Trainingseinheiten kombiniert und Hinweise zur Aufnahme und Verarbeitung leistungsrelevanter visueller Informationen gegeben (Schapschröer 2011).

Angesichts der zahlreichen verschiedenen Trainingsgeräte werden im folgendem nur einzelne beschrieben:

- P-Rotator-Rotationsscheibe

Dies ist eine computergesteuerte rotierende Scheibe, die der gezielten Schulung von Blickmotorik wie Augenfolgebewegungen und Fixation

dient. Auf einer runden Scheibe sind Buchstaben und Zahlen kreisförmig angeordnet. Der Athlet wird aufgefordert, aus der Entfernung, Buchstaben und Zahlen auf der rotierenden Scheibe mit einem Laserpointer zu kennzeichnen. Dabei kann, je nach Trainingsstufe, die Rotationsrichtung und die Geschwindigkeit schrittweise modifiziert werden. Um den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen können weitere Elemente wie ein Balance- Board oder eine Shutterbrille eingebaut werden (Cordes 2013).

- **Flipper**

Sind sphärische Plus- und Minusgläser und werden eingesetzt, um das Vergenz System und die Akkommodation zu trainieren. Dabei werden verschiedenen Methoden angewandt. Beispielsweise muss der Athlet drei zufällige Buchstaben auf einer Karte laut vorlesen, während er sich den $\pm 2,00$ dpt Flipper in einer Entfernung von 30 cm zur Karte vor die Augen hält. Anschließend wendet der Athlet den Flipper und liest die nächste Zeile mit drei Buchstaben vor. Dies führt der Athlet für eine Minute lang durch und notiert sich die Anzahl der gelesenen Buchstabenfolgen (Zupan 2006).

- **Trainingsinstrument zur Auge- Hand Koordination**

Hierbei handelt es sich um ein Trainingsgerät, welches der Verbesserung der Auge- Hand Koordination, der visuellen und motorischen Reaktionsfähigkeit und der peripheren Wahrnehmung dient (Schwab 2012).

Der Athlet wird aufgefordert sich mittig zu positionieren und den Blick gerade aus zu halten und möglichst Auge- und Kopfbewegungen unterbinden. Während der Übung muss der Athlet in einem festgelegten Zeitraum möglichst viele Leuchttasten mit der Hand ausdrücken. Je nach Schwierigkeitsgrad und Trainingsplan kann Dauer, Trainingsbereich (zentrale und/ oder periphere Leuchttasten) und Modus variiert werden (Cordes 2011, Zupan 2006).

- **Computersoftware**

Verschiedene Trainingssoftware dienen der Verbesserung visueller

Fähigkeiten. Basierend auf dem verwendeten Programm kann beispielsweise die sakkadische Fixation, die zentrale und periphere Wahrnehmung und die Reaktionszeit trainiert werden (Schwab 2012). Bei den Programmen werden verschiedene Stimuli aufgezeigt und der Athlet muss verschiedene Aufgaben erfüllen. Dabei kann die Größe der Stimuli, die Art und die Dauer je nach Schwierigkeitsstufe variiert werden (Cordes 2011).

2.7. Zielgruppe

Das Ziel eines Sport Vision Training wird individuell auf jeden Athleten und dessen Sportart angepasst und ist somit zugänglich für all jene Athleten, die Interesse zeigen. Um das gewünschte Ziel zu erreichen, werden regelmäßige Trainingseinheiten und dessen konzentrierter Ausführung erwartet. Daher wird gefordert, dass der Athlet ausreichend Motivation, Zeit und Energie aufbringt (Erickson 2007).

2.8. Sehkorrektur im Sport

Eine Untersuchung zu Brechungsfehler in einer allgemeinen Sportspielpopulation ergab, dass rund 38,2% der teilnehmenden Athleten von einem Sehfehler berichten, davon waren 31,2% kurzsichtig, 4,1% weitsichtig und 15,9% astigmatisch (Zeri 2018). Diese Brechungsfehler können je nach Sportart und in Abhängigkeit der visuellen Beschwerden auf verschiedene Weisen korrigiert werden. Dies umfasst Sportbrillen, Kontaktlinsen und refraktive Chirurgie.

Von Sehbrillen im Sport wird abgeraten, denn diese bieten nicht den ausreichenden Schutz, der erforderlich ist, um den Träger vor möglichen Gefahren zu schützen und kann zusätzliche Augenverletzungen hervorrufen. Zudem kann eine Sehbrille während der Aktivität zu optischen Aberrationen, optischen Verzerrungen, Oberflächenreflexionen, Beschlagen der Linse oder Gesichtsfeldeinschränkungen führen. Viele der Nachteile von Sehbrillen werden durch die Verwendung von Kontaktlinsen beseitigt und gelten als die meist genutzte Sehkorrektur im Sport. Trotzdem bieten Kontaktlinsen keinen Schutz vor Augenverletzungen, daher werden bei einigen Sportarten Schutzbrillen empfohlen.

Einige der häufigsten Probleme, die dazu führen, dass Athleten keine Schutzbrille nutzen sind: Unbequemlichkeit des Tragens, Beschlagen der Linse, schlechtere Sicht, kosmetisches Aussehen und die Ansicht es wäre nutzlos.

Um sich vor Sonnenstrahlen zu schützen, nutzen vor allem Athleten von Outdoor-Sportarten Sonnenbrillen. Vorteile einer Sonnenbrille sind der Schutz vor Sonnenstrahlung, der Schutz vor Augenverletzungen und das Vermeiden von Beschwerden und dem ständigen Augenkneifen.

Einige Athleten nutzen Filterbrillen, welche Strahlen einer bestimmten Wellenlänge absorbieren, die chromatische Aberration verringern und somit zu einer besseren Sicht führen. Vorteile einer Filterbrille sind die Steigerung der Kontrastempfindlichkeit und der Tiefenwahrnehmung.

Je nach Umweltbedingungen können Athleten auf verschiedene Filterbrille zurückgreifen und somit die bestmögliche Ausgangssituation für den Wettkampf schaffen (Erickson 2007).

2.9. Augenverletzungen im Sport

Wie bereits beschrieben sind Athleten einem signifikanten Risiko für Augenverletzungen ausgesetzt.

Betroffen sind vor allem Athleten von Ballsportarten, Mannschaftssportarten und Sportarten, die sehr körperbetont sind.

Am häufigsten sind Augenverletzungen im Sport die Folge eines stumpfen Traumas, welches sich klinisch vorwiegend durch ein Hyphen zeigt. Das Ausmaß der Verletzung am Auge hängt von der Größe, der Härte und der Geschwindigkeit des Objektes ab, sowie der Kraft, die direkt auf das Auge ausgeübt wird. Beispiele für Verletzungen eines stumpfen Traumas sind: Orbita- Blowout- Fraktur, Orbita- und Lidkontusion, subkonjunktivales Blutungshyphem, Glaskörperblutungen und Netzhautblutungen. Seltener kommt es im Sport zu penetrierenden und offenen Augenverletzung. Diese werden meist durch Fremdkörper verursacht und reichen von leichten Abschürfungen bis zu schweren Schnittwunden (Mishra 2012).

Laut einer Studie von Lindblad (1992) kommt es im Handballsport häufig zu Verstauchungen und Zerrungen, vorwiegend der Finger, Knie oder Knöcheln,

jedoch nur selten zu Augenverletzungen. Bei 570 Verletzungen, wurde in dieser Studie nur 2 (0,3%) Augenverletzungen klassifiziert.

3. Materialien und Methoden

3.1. Ziel der Arbeit

Das primäre Ziel der Arbeit liegt darin, zu untersuchen ob es durch eine spezifische visuomotorische Aufgabe, zur Förderung der Auge- Hand Koordination, der peripheren Wahrnehmung und der visuomotorischen Reaktionszeit, zu einem Übertragungseffekt auf die sportliche Leistung kommt.

Das sekundäre Ziel der Arbeit liegt darin zu überprüfen ob eine spezifische visuomotorische Aufgabe zu einer Änderung der leistungsabhängigen und nicht leistungsabhängigen orthoptischen Parameter führen kann.

3.2. Teilnehmer

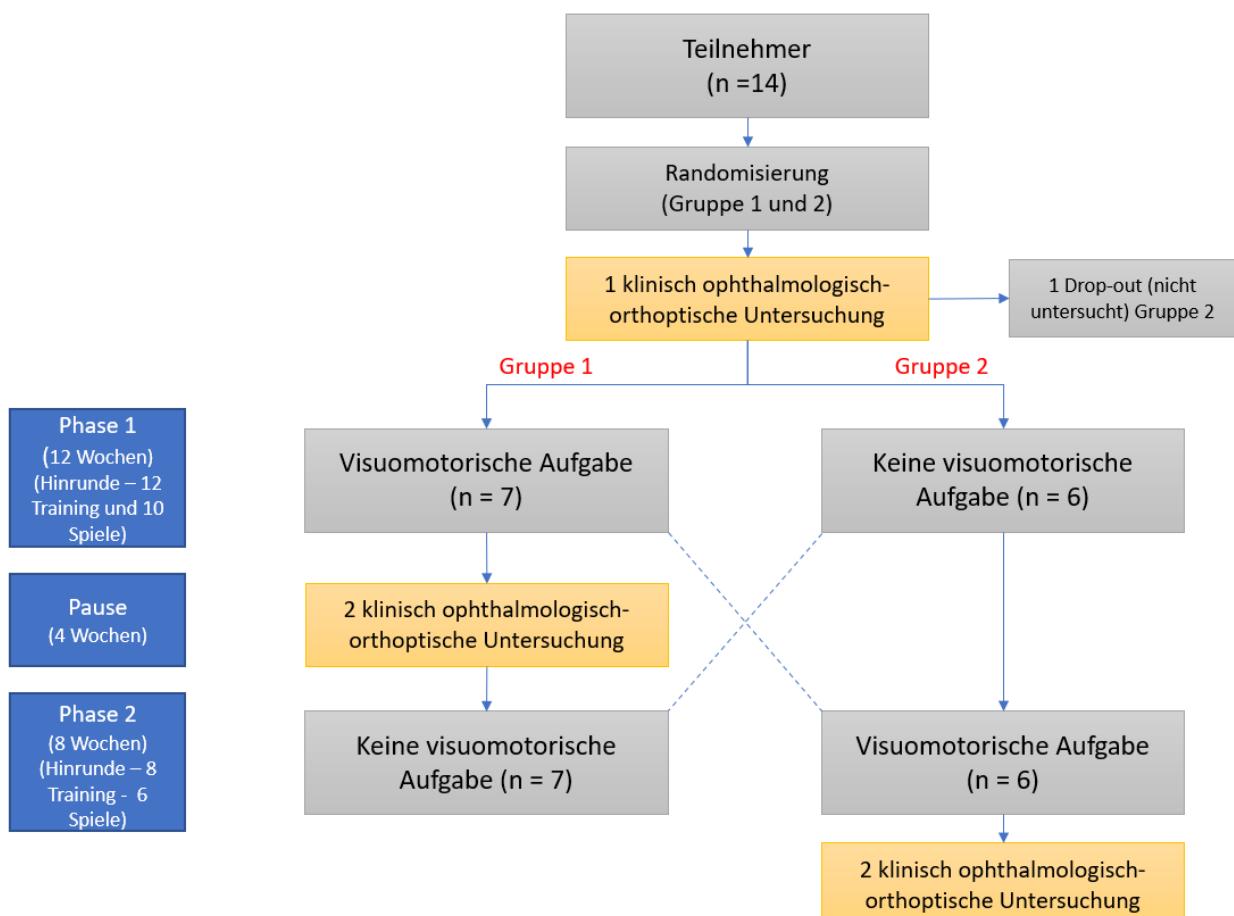
Vierzehn (n=14) Handballspielerinnen, der italienischen Frauenhandballmannschaft der 2. Division „ASC Schenna“ nahmen an dieser Studie teil. Sie wurden nach dem Zufallsprinzip in zwei Gruppen (Gruppe 1 und Gruppe 2) mit jeweils 7 Probandinnen eingeteilt. Beachtet wurde dabei jedoch eine gerechte Aufteilung basierend auf die Position der Spielerinnen, um zwei ausgeglichene Gruppen in Bezug auf ihre Leistung zu erhalten. Die berücksichtigten Spielpositionen sind: Kreisläufer, Mitte, Halbflügel, Flügel und Torfrau. Es wurden keine Probanden mit kürzlich (< 2 Monaten) erlittenen Verletzungen der oberen Extremitäten in die Studie eingeschlossen. 1 Teilnehmerin wies infantilen Strabismus auf und 2 Teilnehmerinnen einen astigmatischen und/ oder sphärischen Brechungsfehler größer als 1,5 dpt. Eine Teilnehmerin hat nicht die vorgesehenen klinischen Untersuchungen durchgeführt und wurde aus der Studie ausgeschlossen. Das mittlere Alter der Mannschaft liegt bei 18,22 Jahren (SD 2,00) (n=13). Die Gruppe 1 (n=7) hat ein mittleres Alter von 17,57 Jahren (SD 2,07). Die Gruppe 2 (n=6) hat ein mittleres Alter von 18,97 Jahren (SD 1,79). Aufgrund der limitierten Anzahl an Spielerinnen und der Notwendigkeit die Spielposition bei der Bildung der Gruppen zu berücksichtigen, wird eine leichte Altersdifferenz zwischen den Gruppen hervorgehoben, welche in diesem Fall als nicht

ausreichend bewertet wurde, um die Gruppe signifikativ inhomogen zu machen.

3.3. Studiendesign

Es wurde eine teilweise randomisierte (die Randomisierung ist an die Spielposition der Teilnehmerinnen gebunden) cross- over Studie durchgeführt. Eine Aufgabenspezifische klinische Untersuchung wurde vor Beginn der Trainingseinheiten und nach Abschluss dieser (Eingangs- und Ausgangstest) durchgeführt. Die vorgesehene Anzahl der Trainingseinheiten und der Meisterschaftsspiele der Hinrunde waren entsprechend 12 und 10 für eine Gesamtdauer von 12 Wochen (Phase 1). Die vorgesehene Anzahl der Trainingseinheiten und der Meisterschaftsspiele der Rückrunde waren gleich der Anzahl der Hinrunde. Aufgrund der vorzeitigen Beendigung der Rückrunde war die Anzahl der Trainingseinheiten und Meisterschaftsspiele entsprechend von 8 und 6 für eine Gesamtdauer von 8 Wochen (Phase 2).

Abbildung 1: Studiendesign



3.4. Anthropometrische Parameter

Sie wurden relativ zur Größe der Spielerinnen und der Spannbreite der Arme erhoben, um eine geeignete Konstruktion für die visuomotorische Trainingswand zu bauen.

3.5. Visuell klinische Parameter

Die klinischen Daten wurden in einem Eingangstest vor Beginn der Phase 1 und in einem Ausgangstest, nach Abschluss der Trainingseinheiten, anhand einer ophthalmologischen und orthoptischen Untersuchung von ausgebildetem Personal erfasst. Die berücksichtigten Daten sind die BCVA (Best Corrected Visual Acuity) gemessen mittels einer subjektiven Probe mit visueller Vernebelung und ohne Zykloplegie. Die berücksichtigten orthoptischen Parameter sind der Cover Test (CT), der Prismen Cover Test (PCT), der Konvergenznahpunkt, die okuläre Motilität, die okuläre Dominanz und die dominante Hand. Angesichts des Leistungscharakters der visuomotorischen Aufgabe wurde die positive und negative Fusionsbreite (FB) für die Nähe und die Ferne, die Akkommodationsbreite (AKB), der „Accommodative Facility Test“ (gemessen in Zyklen pro Minute) und der DEM Test (Developmental Eye Movement™) mit einbezogen. Der DEM Test ist ein Werkzeug, welches durch visuell- verbale Aufgaben subjektiv die schnellen Augenbewegungen (Sakkaden) misst und für Probanden unter 14 Jahren validiert wurde. Obwohl es eine modifizierte Version für Probanden zwischen 14 und 68 Jahren mit normativen Parametern nur für spanischsprachige Personen (Sampedro 2003) gibt, haben wir es als ausreichend angesehen Messungen vor und nach dem Training als Vergleichsparameter zu betrachten. Dieser Test wurde zwei Mal (test- retest) durchgeführt und den Fehlern angepasst, um dadurch einen Mittelwert zu erhalten. Das Ergebnis drei verschiedener Subtests wurde berücksichtigt: die Gesamtzeit der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit ($V_{Am} + Bm$), die Gesamtzeit der horizontalen Sakkadengeschwindigkeit (H_{Cm}) und das Verhältnis zwischen horizontalen und vertikalen Sakkaden (ratio H/V).

3.6. Beschreibung der visuellen Trainingswand

Es handelt sich um eine selbstgebaute Holzkonstruktion mit elektrischer Installation, angelegt an Gerätschaften, die von anderen genutzt wird (Blackwell 2020) um die Auge- Hand Koordination, die periphere visuelle Wahrnehmung, die Fähigkeit des Entscheidungsmechanismus und die visuomotorische Reaktionszeit zu verbessern.

Die Holzkonstruktion besteht aus einer Holzwand (180cm (H) x 150cm (B)) freistehend auf 2 Beinen, mit denen sie einen Abstand zum Boden von 20cm hat.

An der Rückseite der Holzwand befindet sich ein Unterverteiler, mit einem automatisierten Gerät (LOGO- Siemens ®) und einer integrierten Stoppuhr. An der Vorderseite der Holzwand wurden 7 LED- Leuchten und 5 cm unterhalb der Leuchten, 7 entsprechende Taster montiert. 3 der LED- Leuchten wurden rechts auf Höhe der Schulter (150 cm), des Ellenbogens (120 cm) und der Hüfte (90 cm) angebracht, weitere 3 auf der linken Seite, in denselben Höhen im Abstand von 135 cm. Eine LED- Leuchte wurde mittig in einer Höhe von 180 cm angebracht.

Für die Konstruktion wurden die anthropometrischen Parameter der Teilnehmer berücksichtig, beziehend auf die Durchschnittsgröße (170 cm SD 4,5) und die Spannweite der Arme (171 cm SD 4,69). Die Lage der Leuchten und der Tasten wurde basierend auf den häufigsten Bewegungsabläufen während dem Training und dem Wettkampf auf einer zweidimensionalen Ebene und in Absprache mit dem Trainer ausgewählt.

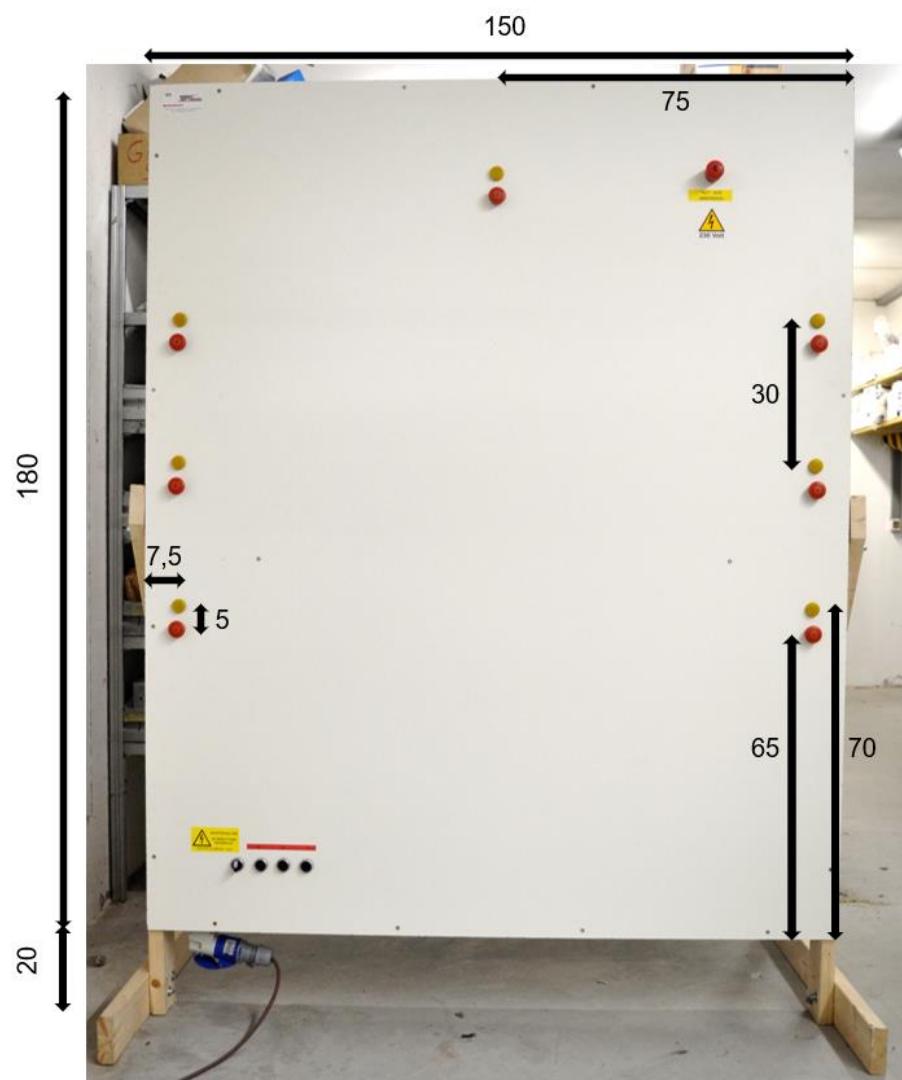
Um den Antizipationseffekt und Lerneffekt zu verringern wurden von einem Programmierer 3 pseudo- randomisierte Sequenzen programmiert, welche man mit 3 weiteren Tasten auswählen kann.

Die Programmierung der Leuchtreihenfolge sieht vor, dass sich in jeder Sequenz 56 Leuchten pseudo- randomisiert einschalten, in welchen 42,86% der Lichter links aufleuchten (24 Einschaltungen), 42,86% rechts aufleuchten (24 Einschaltungen) und 14,23% oben (8 Einschaltungen). In jeder Sequenz leuchtet jede der 7 LED- Leuchten 8 Mal auf.

Das LOGO- Gerät wurde so programmiert, dass beim Ausschalten des 1. Lichtes eine Stoppuhr startet und beim Ausschalten des 56. Lichtes stoppt. Dies ermöglicht die Ausführungszeit in Sekunden zu messen, die benötigt wird um einen Versuch abzuschließen und um externe Messeinflüsse zu vermeiden.

Ein Notausschalter dient als Sicherheit und bei Betätigung wird die Stromzufuhr unterbrochen.

Abbildung 2: selbstkonstruierte Trainingswand (in cm)



3.7. Aufgabenverfahren der visuomotorischen Aufgabe

Vor Beginn der ersten Trainingseinheit, wurde die gefragte Vorgehensweise allen Teilnehmerinnen erklärt und vorgeführt.

Die Teilnehmerinnen wurden zentral und frontal vor der Trainingswand, mit den 7 Leuchten und den dazugehörigen 7 Tastern, positioniert. Sie wurden dazu aufgefordert das aufleuchtende Licht, das in pseudo-randomisierten und vorprogrammierter Reihenfolge erscheint, mit dem dazugehörigen Taster, in der schnellst möglichen Zeit, auszuschalten. Jede einzelne Leuchte der pseudo-randomisierten Reihenfolge leuchtet auf, sobald die vorherige Leuchte ausgeschaltet wurde. Eine einzelne Leuchte bleibt eingeschalten bis diese mit dem zugehörigen Taster ausgeschaltet wird. Jede Trainingseinheit sieht 3 Wiederholungen der Aufgabe vor. Für jede Wiederholung wird die benötigte Zeit, mittels der integrierten Stoppuhr gemessen und eine Durchschnittszeit ermittelt.

3.8. Fragebogen

Am Ende der Phase 2 wurden die Teilnehmerinnen dazu aufgefordert einen Fragebogen mit 2 Fragestellungen zu beantworten:

1. Inwieweit hat sich das zusätzliche Training auf deine Reaktionszeit im Sport ausgewirkt?
2. Sollten ein spezifisches Training zur Auge- Hand Koordination (und peripherer Wahrnehmung) in Zukunft in ihr Training eingebaut werden, um ihre sportliche Leistung zu verbessern?

Für jede Fragestellung wurden die Teilnehmerinnen gebeten mit einer Bewertung von 1 bis 9 zu antworten, in der 1 „starke Verschlechterung/ stark unerwünscht“ bedeutet, 5 „es gibt keinen Unterschied“ und 9 „starke Verbesserung/ stark erwünscht“.

3.9. Statistik

In der statistischen Analyse wurden deskriptive und inferentielle Vergleichsdaten mittels des nichtparametrischen Mann- Whitney Test, basierend auf die zwei Gruppen (Gruppe 1 und Gruppe 2) vor und nach dem Training analysiert, um zu bewerten, ob mögliche Unterschiede angesichts der

geringen Teilnehmerzahl als signifikant zu betrachten sind. Mittels der inferentiellen Statistik, dem Wilcoxon- Vorzeichen- Rang- Test und wo benötigt der Friedmanns Zweifaktorielle Varianzanalyse wurden folgende Daten verglichen:

- Visuell klinische Daten des Eingangs- und Ausgangstest, um zu beurteilen ob es zu signifikativen Änderungen kam.
- Der sportlichen Leistung (erzielte Tore) vor und nach dem Training, differenziert zwischen den beiden Gruppen, um zu beurteilen, ob sich die Anzahl der erzielten Tore im Laufe der Zeit geändert hat.
- Die Reaktionszeit der visuomotorischen Aufgabe, um zu erfassen, ob es zu einer Variation zwischen der Ausführung der ersten und der letzten Trainingseinheit gibt.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 5% festgelegt somit gelten Wahrscheinlichkeitswerte $\leq 0,05$ als statistisch signifikante Änderungen. Anhand des Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizienten wurde die Korrelation folgender Daten überprüft:

- Die Korrelation zwischen den klinischen Daten (Eingangs- und Ausgangstest) und der Reaktionszeit
- Die Korrelation zwischen der Reaktionszeit und der sportlichen Leistung
- Die Korrelation zwischen Fragebogen und der Reaktionszeit
- Die Korrelation zwischen Fragebogen und der sportlichen Leistung

Die statistische Analyse wurden mittels der Software IBM SPSS (Vers. 18.0) durchgeführt.

4. Ergebnisse

Von September 2019 bis Mai 2020, d.h. für die Dauer der Meisterschaft 19/ 20 der 2. Division des italienischen Frauenhandballs, wurden die Daten der Mannschaft des ASC Schenna, bestehend aus n=13 Spielerinnen und aufgeteilt in zwei Gruppen erfasst und verglichen.

Das mittlere Alter der Mannschaft liegt bei 18,22 Jahren (SD 2,00) mit einer Spannbreite zwischen 14,83 und 21,08 Jahren. Die Gruppe 1 (n=7) hat ein mittleres Alter von 17,57 Jahren (SD 2,07) mit einer Spannbreite zwischen 14,83 und 20,50 Jahren. Die Gruppe 2 (n=6) hat ein mittleres Alter von 18,97 Jahren (SD 1,79) und eine Spannbreite zwischen 16,50 Jahren und 21,08 Jahren.

Die Mannschaft unterscheidet sich zwischen den zwei Gruppen mit einem Altersunterschied von 1,4 Jahren, welcher die Leistung der beiden Gruppen beeinflussen könnte. Aufgrund der geringen Anzahl der berücksichtigten Teilnehmer pro Gruppe, wurden durch Beantwortung folgender Frage vergleichende Analysen erstellt.

Unterscheiden sich die beiden Gruppen in dem Eingangstest erfassten orthoptischen Daten?

Im Vergleich zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 war die negative Fusionsbreite für die Nähe ($p = 0,048$) statistisch signifikant und beträgt jeweils -4,3 dpt (SD 2,14) und -6,8 dpt (SD 1,1), also einen Unterschied von 2,5 dpt. Weitere orthoptische Daten, die vor dem Training erfasst wurden, weisen keinen gruppenspezifischen Unterschied auf.

Unterscheiden sich die beiden Gruppen in dem Ausgangstest erfassten orthoptischen Daten?

Im Vergleich zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 konnte ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,035$), mit jeweils 28,6 s (SD 2,12) und 25,5 s (SD 2,79), der horizontalen Sakkadengeschwindigkeit festgestellt werden. Keine weiteren statistisch signifikanten Unterschiede der nach dem Training erfassten orthoptischen Daten konnte nachgewiesen werden.

Tabelle 2: Vergleich der orthoptischen Parameter des Eingangstest zwischen den zwei Gruppe

		Gruppe 1			Gruppe 2			p- value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Visus RA	[logMAR]	7	-0,11	0,1	6	-0,12	0,07	0,999
Visus LA	[logMAR]	7	-0,12	0,09	6	-0,1	0,07	0,628
Eq sph. RA	[dpt]	7	0,018	0,18	6	0,375	1,01	0,628
Eq sph. LA	[dpt]	7	0,107	0,13	6	0,875	1,72	0,234
PCT x F	[pdpt]	7	0	0	6	1	3,52	0,999
PCT x N fix Obj.	[pdpt]	7	-0,4	0,79	6	-1,3	6,74	0,295
PCT x N fix Licht	[pdpt]	7	-0,6	0,98	6	-3,5	8,09	0,181
Konvergenz	[cm]	7	4,1	1,27	5	4,8	0,76	0,343
FB pos x F	[pdpt]	7	15	4,14	5	16	4	0,755
FB pos x N	[pdpt]	7	40	0	5	36	5,48	0,268
FB neg x F	[pdpt]	7	-4,3	2,14	5	-6,8	1,1	0,048
FB neg x N	[pdpt]	7	-10,6	2,76	5	-11,6	3,85	0,53
TNO	[arcsec]	7	47,1	16,04	5	54	13,42	0,53
AKB RA	[dpt]	7	11,6	2,44	6	10,6	1,83	0,534
AKB LA	[dpt]	7	11,2	2,94	6	9,8	2,52	0,295
AKB Bin	[dpt]	7	12,1	1,37	6	11,3	1,78	0,366
Accom. Facility								
Test	[cpm]	7	11,9	3,24	6	15,2	3,76	0,295
DEM Am	[s]	7	14,2	2,29	6	13,6	2,04	0,628
DEM Bm	[s]	7	14,4	2,54	6	13	1,67	0,534
DEM V Am+ Bm	[s]	7	28,6	4,96	6	26,6	3,67	0,366
DEM H Cm	[s]	7	30,4	4,75	6	27,5	4,1	0,234
DEM Ratio H/V	[s]	7	1,1	0,12	6	1	0,07	0,731

Tabelle 3: Vergleich der orthoptischen Parameter des Ausgangstest zwischen den zwei Gruppen

		Gruppe 1			Gruppe 2			p- value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Visus RA	[logMAR]	7	-0,1	0,06	6	-0,163	0,03	0,051
Visus LA	[logMAR]	7	-0,1	0,07	6	-0,1	0,07	0,628
Eq sph. RA	[dpt]	7	0,01	0,23	6	0,4	1,04	0,836
Eq sph. LA	[dpt]	7	-0,1	0,36	6	0,8	1,76	0,234
PCT x F	[pdpt]	7	0	0	6	1,8	5,53	0,999
PCT x N fix Obj.	[pdpt]	7	-0,3	2,06	6	-0,7	7,37	0,181
PCT x N fix Licht	[pdpt]	7	-1,1	3,02	6	-2,3	11,41	0,138
Konvergenz	[cm]	7	3,6	0,8	5	3,9	0,55	0,53
FB pos x F	[pdpt]	7	15,3	5,44	5	12	4,9	0,343
FB pos x N	[pdpt]	7	40	0	5	38	4,47	0,639
FB neg x F	[pdpt]	7	-4,6	1,9	5	-5,2	1,79	0,639
FB neg x N	[pdpt]	7	-10,9	3,24	5	-14,4	2,97	0,106
TNO	[arcsec]	7	55,7	32,07	5	54	39,12	0,755
AKB RA	[dpt]	7	10,4	1,95	6	10,3	2,48	0,945
AKB LA	[dpt]	7	10,4	1,97	6	9,9	2,38	0,534
AKB Bin	[dpt]	7	11,6	1,62	6	11,3	2,36	0,999
Accom. Facility								
Test	[cpm]	7	13	3,383	6	15,8	3,19	0,181
DEM Am	[s]	7	12,8	1,23	6	11,9	0,89	0,181
DEM Bm	[s]	7	13,4	2,03	6	12,4	1,41	0,445
DEM V Am+ Bm	[s]	7	26,2	3,2	6	24,3	2,19	0,295
DEM H Cm	[s]	7	28,6	2,12	6	25,5	2,79	0,035
DEM Ratio H/V	[s]	7	1,1	0,11	6	1	0,04	0,534

Unterscheiden sich die beiden Gruppen in den erzielten sportlichen Ergebnissen?

Für den Vergleich der beiden Gruppen und deren erzielten sportlichen Ergebnissen wurde der Mann- Whitney- U- Test verwendet. Sowohl in den 11 Meisterschaftsspielen der Hinrunde und den 7 Meisterschaftsspielen der Rückrunde konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede der beiden Gruppen nachgewiesen werden.

Tabelle 4: Vergleich der erzielten Tore zwischen den zwei Gruppen

		Gruppe 1			Gruppe 2			p- value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Hinrunde	1	6	2,20	2,56	5	2,60	2,07	0,662
	2	7	1,60	1,81	5	2,22	3,19	0,999
	3	7	1,60	2,07	4	2,80	2,75	0,527
	4	7	2,40	3,64	6	1,70	1,97	0,945
	5	7	1,40	2,15	5	3	3,74	0,53
	7	5	3,40	2,30	3	2	3,46	0,571
	8	7	2,60	2,57	3	1,70	1,15	0,833
	9	7	3,90	4,41	4	0,80	0,96	0,315
	10	7	2,30	2,36	3	0,30	0,58	0,383
	11	7	1	2,24	5	1,40	1,95	0,755
Rückrunde	1	7	1,40	2,15	5	1,20	1,64	0,876
	2	6	2,20	1,94	5	2,60	2,41	0,792
	3	5	2	3,08	5	1,60	1,14	0,841
	4	6	1,70	2,34	3	2,30	3,21	0,999
	5	6	3	3,46	5	1,20	1,30	0,537
	7	6	2,20	3,92	5	2,40	3,78	0,999

Aufgrund der vorzeitigen Beendigung der Meisterschaft wurden in der Rückrunde nur 7 Meisterschaftsspiele abgeschlossen.
Am 6. Spieltag hatte die Mannschaft des ASC Schenna spielfrei.

Unterscheiden sich die beiden Gruppen in den Antworten des Fragebogens?

Bei den Antworten der beiden Gruppen auf die erste Frage des Fragebogens konnte varianzanalytisch kein signifikanter Unterschied ($p = 0,836$) festgestellt werden. Gruppe 1 antwortete mit einem Mittelwert von 5,70 (SD 1,11) und Gruppe 2 mit einem Mittelwert von 5,80 (SD 1,17), also einen Unterschied von 0,1. Beide Gruppen gaben den Tiefstwert 5 und den Höchstwert 8 an. Ein ähnliches Ergebnis weisen auch die Antworten auf die zweite Frage ($p = 0,999$) auf. Das Minimum der Gruppe 1 liegt bei 4, das Maximum bei 9 mit einem Mittelwert von 7,10 (SD 1,57). Der Mittelwert der Gruppe 2 liegt um 0,1 darunter bei 7,00 (SD 1,67), mit einem Minimum von 5 und einem Maximum von 9.

Betrachtet man die Antworten des Gesamtkollektives, so antworteten die Teilnehmerinnen positiver auf die zweite Frage mit einem statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,015$) von 1,31. Die Teilnehmerinnen antworteten mit einem Mittelwert von 5,77 (SD 1,092) auf die Frage 1 und mit einem Mittelwert von 7,08 (SD 1,553) auf die Frage 2.

Unterscheiden sich die orthoptisch erfassten Daten im Eingangs- und Ausgangstest innerhalb der Gruppen und als Gesamtkollektiv?

Der Vergleich der orthoptisch erfassten Daten im Eingangs- und Ausgangstest der Gruppe 1 ergab, statistische Signifikanz der Gesamtzeit der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit ($p = 0,028$) und der Einzelwerte der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit DEM - Am ($p = 0,028$) und DEM - Bm ($p = 0,018$). Die Teilnehmerinnen der Gruppe 1 steigerten die Gesamtzeit der Sakkadengeschwindigkeit von 28,60 s (SD 4,96) im Eingangstest auf 26,20 s (SD 3,2) im Ausgangstest, also um 2,40 s.

Auch die Gruppe 2 steigerte sich in der Gesamtzeit der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit ($p = 0,028$) um 2,40 s mit 26,60 s (SD 3,67) im Eingangstest und 24,20 s (SD 2,19) im Ausgangstest. In Gruppe 2 war der Einzelwert des DEM -Am ($p = 0,028$) mit 13,60 s (SD 2,04) und 11,90 s (SD 0,89) statistisch signifikativ. Hingegen der Einzelwert des DEM - Bm ($p = 0,116$) mit 13,00 s (SD 1,67) und 12,40 s (SD 1,41) war statistisch nicht

signifikativ.

Zudem kam es in Gruppe 2 zu einer statistisch signifikativen Besserung des Konvergenznahpunktes ($p = 0,034$) von 4,80 cm (SD 0,76) im Eingangstest auf 3,90 cm (SD 0,55) im Ausgangstest.

Betrachtet man das Gesamtkollektiv ($n=13$) ergibt sich eine statistisch signifikative Verbesserung der Konvergenz ($p = 0,037$) um 0,63 cm, mit 4,38 cm (SD 1,11) im Eingangstest und 3,75 cm (SD 0,69) im Ausgangstest. Zu statistisch signifikanten Änderungen kam es auch in der Gesamtzeit der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit ($p = 0,002$) und den zwei Einzelwerten der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit DEM - Am ($p = 0,002$) und DEM - Bm ($p = 0,005$). Die Teilnehmerinnen steigerten sich im DEM - Am um 1,5 s, im DEM - Bm um 0,9 s und in der Gesamtzeit um 2,4 s.

Tabelle 5: Vergleich der orthoptischen Parameter zwischen Eingang- und Ausgangstest der Gruppe 1

		Gruppe 1 Eingangstest			Gruppe 1 Ausgangstest			p- value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Visus RA	[logMAR]	7	-0,11	0,1	7	-0,1	0,06	0,528
Visus LA	[logMAR]	7	-0,12	0,09	7	-0,1	0,07	0,34
Eq sph. RA	[dpt]	7	0,018	0,18	7	0,107	0,23	0,102
Eq sph. LA	[dpt]	7	0,107	0,13	7	-0,054	0,36	0,246
PCT x F	[pdpt]	7	0	0	7	0	0	0,999
PCT x N fix Obj.	[pdpt]	7	-0,4	0,79	7	-0,3	2,06	0,705
PCT x N fix Licht	[pdpt]	7	-0,6	0,98	7	-1,1	3,02	0,48
Konvergenz	[cm]	7	4,07	1,27	7	3,64	0,8	0,357
FB pos x F	[pdpt]	7	15,1	4,14	7	15,3	5,44	0,786
FB pos x N	[pdpt]	7	40	0	7	40	0	0,999
FB neg x F	[pdpt]	7	-4,3	2,14	7	-4,6	1,9	0,317
FB neg x N	[pdpt]	7	-1,06	2,76	7	-10,9	3,24	0,705
TNO	[arcsec]	7	47,1	16,04	7	55,7	32,07	0,48
AKB RA	[dpt]	7	11,6	2,44	7	10,4	1,95	0,125
AKB LA	[dpt]	7	11,2	2,94	7	10,4	1,97	0,343
AKB Bin	[dpt]	7	12,1	1,37	7	11,6	1,62	0,157
Accom. Facility								
Test	[cpm]	7	11,9	3,24	7	13	3,383	0,131
DEM Am	[s]	7	14,2	2,29	7	12,8	1,23	0,028
DEM Bm	[s]	7	14,4	2,54	7	13,4	2,03	0,018
DEM V Am+ Bm	[s]	7	28,6	4,96	7	26,2	3,2	0,028
DEM H Cm	[s]	7	30,4	4,75	7	28,6	2,12	0,31
DEM Ratio H/V	[s]	7	1,1	0,12	7	1,1	0,11	0,499

Tabelle 6: Vergleich der orthoptischen Parameter zwischen Eingang- und Ausgangstest der Gruppe 2

		Gruppe 2 Eingangstest			Gruppe 2 Ausgangstest			p- value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Visus RA	[logMAR]	6	-0,12	0,07	6	-0,16	0,03	0,202
Visus LA	[logMAR]	6	-0,1	0,07	6	-0,12	0,07	0,197
Eq sph. RA	[dpt]	6	0,375	1,01	6	0,396	1,04	0,785
Eq sph. LA	[dpt]	6	0,875	1,72	6	0,13	1,76	0,581
PCT x F	[pdpt]	6	1	6,52	6	1,8	5,53	0,317
PCT x N fix Obj.	[pdpt]	6	-1,3	6,74	6	-0,7	7,37	0,492
PCT x N fix Licht	[pdpt]	6	-3,5	8,09	6	-2,3	11,41	0,705
Konvergenz	[cm]	5	4,8	0,76	5	3,9	0,55	0,034
FB pos x F	[pdpt]	5	16	4	5	12	4,9	0,221
FB pos x N	[pdpt]	5	36	5,48	5	38	4,47	0,564
FB neg x F	[pdpt]	5	-6,8	1,1	5	-5,2	1,79	0,102
FB neg x N	[pdpt]	5	-11,6	3,85	5	-14,4	2,97	0,109
TNO	[arcsec]	5	54	13,42	5	54	39,12	0,999
AKB RA	[dpt]	6	10,7	1,75	6	10,3	2,48	0,68
AKB LA	[dpt]	6	9,8	2,52	6	9,9	2,38	0,414
AKB Bin	[dpt]	6	11,3	1,78	6	11,3	2,36	0,713
Accom. Facility Test	[cpm]	6	15,2	3,76	6	15,8	3,19	0,317
DEM Am	[s]	6	13,6	2,04	6	11,9	0,89	0,028
DEM Bm	[s]	6	13	1,67	6	12,4	1,41	0,116
DEM V Am+ Bm	[s]	6	26,6	3,67	6	24,3	2,19	0,028
DEM H Cm	[s]	6	27,5	4,1	6	25,5	2,79	0,075
DEM Ratio H/V	[s]	6	1	0,07	6	1	0,04	0,753

Tabelle 7: Vergleich der orthoptischen Parameter zwischen Eingang- und Ausgangstest des Gesamtkollektivs

		Eingangstest			Ausgangstest			p-value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Visus RA	[logMAR]	13	-0,12	0,08	13	-0,13	0,06	0,812
Visus LA	[logMAR]	13	-0,11	0,08	13	-0,13	0,07	0,918
Eq sph. RA	[dpt]	13	0,183	0,69	13	0,24	0,71	0,914
Eq sph. LA	[dpt]	13	0,462	1,18	13	0,346	1,25	0,198
PCT x F	[pdpt]	13	0,5	2,33	13	0,8	3,69	0,317
PCT x N fix Obj.	[pdpt]	13	-0,8	4,41	13	-0,5	4,98	0,401
PCT x N fix Licht	[pdpt]	13	-1,9	5,48	13	-1,7	7,7	0,852
Konvergenz	[cm]	12	4,38	1,11	12	3,75	0,69	0,037
FB pos x F	[pdpt]	12	15,5	5,07	12	19,6	5,6	0,858
FB pos x N	[pdpt]	12	38,3	3,89	12	39,2	2,89	0,564
FB neg x F	[pdpt]	12	-5,3	2,15	12	-4,8	1,8	0,257
FB neg x N	[pdpt]	12	-11	3,13	12	-12,3	3,5	0,143
TNO	[arcsec]	12	50	14,77	12	55	33,44	0,557
AKB RA	[dpt]	13	11,1	2,15	13	10,4	2,11	0,113
AKB LA	[dpt]	13	10,5	2,75	13	10,2	2,09	0,552
AKB Bin	[dpt]	13	11,7	1,56	13	11,4	1,91	0,437
Accom. Facility								
Test	[cpm]	13	13,4	3,75	13	14,3	3,71	0,07
DEM Am	[s]	13	13,9	2,11	13	12,4	1,14	0,002
DEM Bm	[s]	13	13,8	2,23	13	12,9	1,78	0,005
DEM V Am+ Bm	[s]	13	27,7	4,2	13	25,3	2,84	0,002
DEM H Cm	[s]	13	29,1	4,54	13	27,2	2,87	0,055
DEM Ratio H/V	[s]	13	1,1	0,1	13	1,1	0,09	0,463

Ändert sich die sportliche Leistung in beiden Gruppen im Laufe der Zeit?

Um eine Änderung der sportlichen Leistung der Gruppen zu überprüfen wurde jeweils der 1. Spieltag der Hinrunde mit dem 1. Spieltag der Rückrunde innerhalb einer Gruppe verglichen. Der Vergleich der erzielten Tore der sieben Spieltage (Hin- und Rückrunde) wiesen keine statistisch signifikante Änderung auf. Zu keinem Zeitpunkt der Meisterschaft konnte eine Änderung der sportlichen Leistung innerhalb einer Gruppe festgestellt werden.

Tabelle 8: Vergleich der erzielten Tore in der Hin- und Rückrunde

		Gruppe 1			Gruppe 2			p- value
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Hinrunde	1	6	2,2	2,56	5	2,6	2,07	0,662
	2	7	1,6	1,81	5	2,22	3,19	0,999
	3	7	1,6	2,07	4	2,8	2,75	0,527
	4	7	2,4	3,64	6	1,7	1,97	0,945
	5	7	1,4	2,15	5	3	3,74	0,53
	7	5	3,4	2,3	3	2	3,46	0,571
	8	7	2,6	2,57	3	1,7	1,15	0,833
	9	7	3,9	4,41	4	0,8	0,96	0,315
	10	7	2,3	2,36	9	0,3	0,58	0,383
	11	7	1	2,24	5	1,4	1,95	0,755
Rückrunde	1	7	1,4	2,15	5	1,2	1,64	0,876
	2	6	2,2	1,94	5	2,6	2,41	0,792
	3	5	2	3,08	5	1,6	1,14	0,841
	4	6	1,7	2,34	3	2,3	3,21	0,999
	5	6	3	3,46	5	1,2	1,3	0,537
	7	6	2,2	3,92	5	2,4	3,78	0,999

Wie verändert sich die Reaktionszeit innerhalb einer Gruppe und als Gesamtkollektiv?

Die Gruppe 1 (n=7) erzielte bei der ersten Trainingseinheit einen Mittelwert von 45,2 s (SD 2,71), mit einem Minimum von 41 s und einem Maximum von 49 s. Die Teilnehmerinnen verbesserten sich in der zweiten Trainingseinheit um 3,6 s und erzielten einen Mittelwert von 41,6 s (SD 1,91). Wie in Abbildung 3 zu erkennen kommt es auch in den darauffolgenden Trainingseinheiten zu stetiger Verbesserung. Anzumerken ist, dass es von der 6. Trainingseinheit auf die 7. Trainingseinheit zu einer Verschlechterung von 0,4 s kam, mit jeweils 30,3 s (SD 3,16) und 30,7 s (SD 3,53). Auch von der 8. auf die 9. Trainingseinheit kommt es zu einer Verschlechterung um 0,5 s, mit einem Mittelwert von 28,6 s (SD 4,22) und 29,1 s (SD 6,92). Bei der letzten (12.) Trainingseinheit erzielt Gruppe 1 einen Mittelwert von 25,5 s (SD 5,17), mit einer Bestzeit von 19 s und einer Höchstzeit von 31 s.

Aufgrund fehlender Teilnehmerinnen ab der 6. Trainingseinheit, wurde die Friedmanns Zweifaktorielle Varianzanalyse für die ersten 5 Trainingseinheiten ermittelt und ergab eine statistisch signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) der Reaktionszeit.

Um einzelne Trainingseinheiten miteinander zu vergleichen wurde ein Test post-hoc durchgeführt. Vergleicht man die 1. Trainingseinheit mit der 5. Trainingseinheit kommt es zu einer statistisch signifikanten Verbesserung ($p = 0,007$) der Reaktionszeit um 10,4 s. Ebenso der Vergleich der 1. Trainingseinheit mit der 10. Trainingseinheit ergab eine statistisch signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) der Reaktionszeit. Der Mittelwert der Gruppe verbesserte sich in den ersten zehn Trainingseinheiten um 17,1 s. Nach Ausschluss der 1. Trainingseinheit, aufgrund des Lerneffekts, wurde eine Analyse post-hoc der 2. und 10. Trainingseinheit durchgeführt, welche eine statistisch signifikante Verbesserung ($p = 0,003$) der Reaktionszeit aufzeigte.

In Gruppe 2 wurde nur die 2. Trainingseinheit von allen Teilnehmerinnen abgeschlossen. Dabei erzielte die Gruppe einen Mittelwert von 37,9 s (SD 4,41) mit einem Minimum von 33 s und einem Maximum von 44 s. Aufgrund

der fehlenden Daten ist es nicht möglich Vergleiche zwischen den Reaktionszeiten der Gruppe 2 zu erstellen. Im Allgemeinen ist es nicht möglich, Vergleiche innerhalb der Gruppe 2 zu erstellen, da nur eine Athletin alle erforderlichen Messungen zwischen der Trainingseinheit 1 und Trainingseinheit 8 absolviert hat.

In Anbetracht des Gesamtkollektivs ($n=13$) zeigen nur 4 Athletinnen alle Messungen zwischen der Trainingseinheit 1 und Trainingseinheit 8 auf. Dies sind zu wenig um eine Analyse durchzuführen.

Betrachtet man die ersten fünf Trainingseinheiten, enthalten diese, vollständige Daten von 9 Teilnehmerinnen und zeigen eine statistisch signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) der Reaktionszeit auf. Als Gesamtkollektiv ($n=9$) erzielten die Teilnehmerinnen in der 1. Trainingseinheit einen Mittelwert von 43,4 s (SD 4,30) mit einem Minimum von 35 s und einem Maximum von 49 s.

Im Vergleich der 1. Trainingseinheit und der 5. Trainingseinheit zeigt der Test post- hoc einen Signifikanzwert von weniger als 0,001 ($p < 0,001$) auf. Bezieht man sich wiederum auf die 2. Trainingseinheit, um den Lerneffekt auszuschließen und vergleicht diese mit der 5. Trainingseinheit ergibt sich ein Signifikanzwert von 0,029 ($p = 0,029$).

Abbildung 3: Durchschnittliche Reaktionszeiten der Gruppe 1 und Gruppe 2

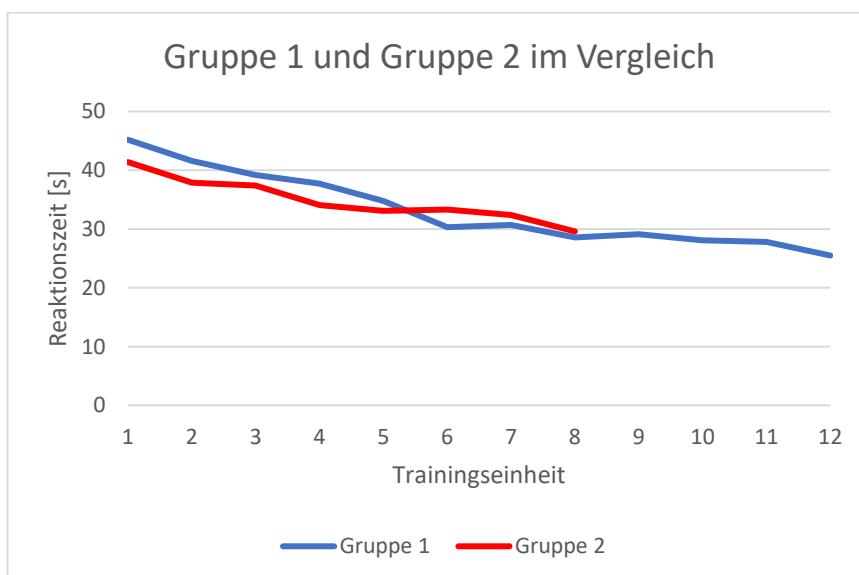


Abbildung 4: Durchschnittsreaktionszeiten der Teilnehmerinnen aus Gruppe 1

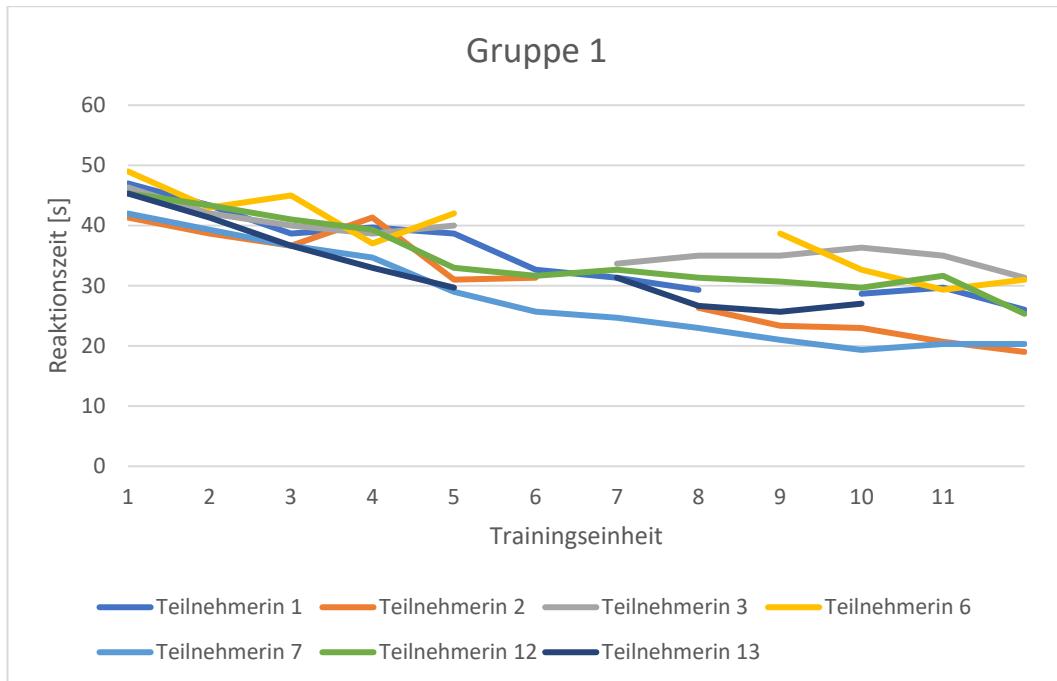


Abbildung 5: Durchschnittsreaktionszeiten der Teilnehmerinnen aus Gruppe 2

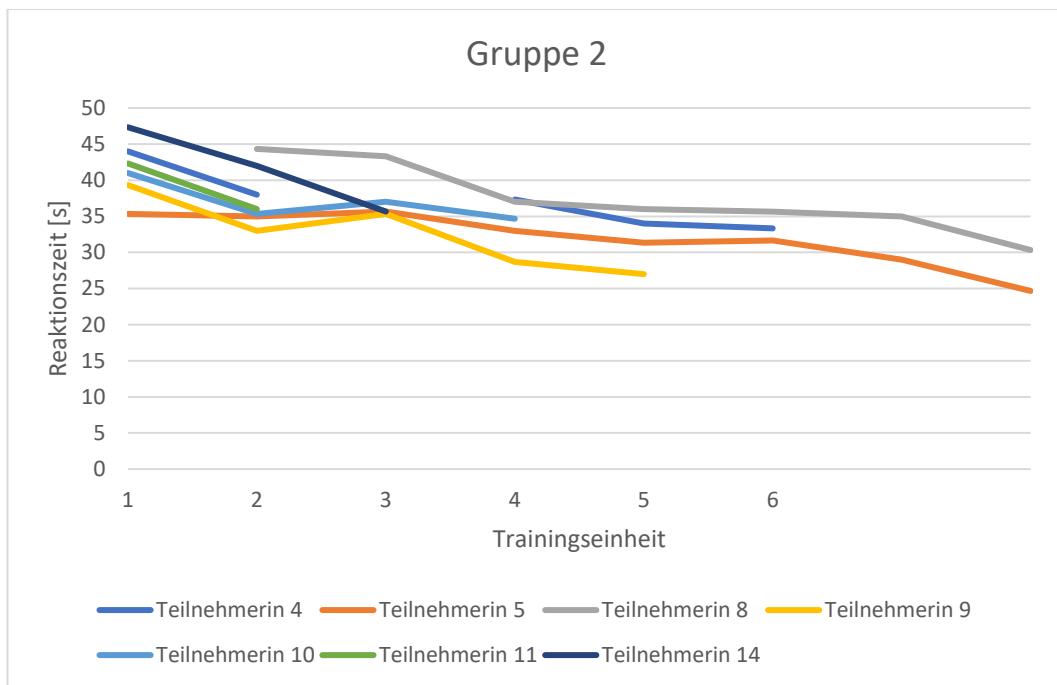


Tabelle 9: Analyse der visuomotorischen Reaktionszeit

Training	Gruppe 1						Gruppe 2					
	Mittelwert						Mittelwert					
	N	[s]	Minimum [s]	Maximum [s]	SD	N	[s]	Minimum [s]	Maximum [s]	SD		
1	7	45,20	41	49	2,71	5	41,40	35	47	4,56		
2	7	41,60	39	43	1,91	6	37,90	33	44	4,41		
3	7	39,20	37	45	3,08	5	37,40	35	43	3,38		
4	7	37,70	33	41	2,96	5	34,10	29	37	3,53		
5	7	34,80	29	42	5,35	5	33,10	27	37	4,02		
6	4	30,30	26	33	3,16	4	33,30	32	36	1,75		
7	5	30,70	25	34	3,53	3	32,40	29	35	3,1		
8	6	28,60	23	35	4,22	4	29,60	25	32	3,38		
9	6	29,10	21	39	6,92							
10	7	28,10	19	36	5,71							
11	6	27,80	20	35	5,99							
12	6	25,50	19	31	5,17							

34

Aufgrund der vorzeitigen Beendigung der Meisterschaft konnte Gruppe 2 nur acht Trainingseinheiten absolvieren. Um Vergleiche zwischen den zwei Gruppen zu ermitteln wurden auch bei Gruppe 1 nur acht Trainingseinheiten berücksichtigt.

Anhand der Korrelationsanalyse wurde geprüft ob es zwischen folgender Variablen einen Zusammenhang gibt:

- Zwischen den klinischen Daten (Eingangs- und Ausgangstest) und der Reaktionszeit?
- Zwischen der Reaktionszeit und der sportlichen Leistung?
- Zwischen den Antworten des Fragebogens und der Reaktionszeit?
- Zwischen den Antworten des Fragebogens und der sportlichen Leistung?

Da die Voraussetzungen für ein parametrisches Verfahren nicht erfüllt sind wurde der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient (r) verwendet. Um einen Zusammenhang zwischen den klinischen Daten des Eingangs- und Ausgangstest und der Reaktionszeit der visuomotorischen Aufgabe zu ermitteln, wurden alle orthoptischen Parameter des Eingangstest mit dem Mittelwert der Reaktionszeiten analysiert. Ebenso die orthoptischen Parameter des Ausgangstest mit dem Mittelwert der Reaktionszeiten und die klinischen Daten des Eingangs- und Ausgangstest mit dem Mittelwert der Reaktionszeiten. Zwischen keinen orthoptischen Parameter und der Reaktionszeit konnte eine statistisch signifikante Korrelation festgestellt werden.

Auch in keinen weiteren der oben genannten Variablen konnte eine statistisch signifikante Korrelation ermittelt werden.

Tabelle 10: Korrelation zwischen der Reaktionszeit und der erzielten Tore

	MW der Reaktionszeiten	r	MW der erzielten Tore - Hinrunde	MW der erzielten Tore - Rückrunde
			-0,069	-0,204

MW = Mittelwert

Tabelle 11: Korrelation zwischen den Fragebogen und der Reaktionszeit

		MW der Reaktionszeiten
Frage 1	r	-0,064
Frage 2	r	-0,179

Tabelle 12: Korrelation zwischen den Fragebogen und der erzielten Tore

		MW der erzielten Tore - Hinrunde	MW der erzielten Tore - Rückrunde
Frage 1	r	-0,116	-0,235
Frage 2	r	-0,315	-0,217

5. Diskussion

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit lag in der wissenschaftlichen Überprüfung und Beurteilung der Trainierbarkeit spezifischer visueller Teilleistungen und der Übertragung auf die sportliche Leistung. Eine Literaturrecherche ergab, dass bereits von zahlreichen Autoren die Trainierbarkeit einzelner Teilbereiche des visuellen Systems beschrieben wurde. Beispielsweise beschrieb Jendrusch (2008, 2009, 2019) mehrmals die Trainierbarkeit des räumlichen Sehens aufgrund von zu erwartenden Adoptionsreserven des Muskeleinsatzes bei der Akkommodation und bei Vergenzbewegungen. Ebenso wurde die Möglichkeit einer Trainingsbedingten funktionellen Ausdehnung mit Leistungsverbesserung des peripheren Sehvermögens im Bereich des Gesichtsfeldes beschrieben (Gralla 2007). Jedoch gibt es nur wenige wissenschaftliche Forschungsarbeiten, die die Frage behandeln, ob eine spezifische visuomotorische Aufgabe die Auge-Hand Koordination und die periphere Wahrnehmung verbessern kann und ob es dadurch zu einer sportlichen Leistungssteigerung kommt. Ellison (2015) führte eine ausführliche Arbeit zur Messung und Bewertung der Auge- Hand Koordination am Instrument Sport Vision Trainer (SVT™) durch, um zuverlässige Messtechniken und Protokolle zu etablieren. Zudem erforschte er verschiedene Trainingsmethoden, um herauszufinden ob sich dadurch die Leistung der Athleten verbessern kann. Aus seiner Studie folgerte er, dass eine isolierte visuomotorische Aufgabe mit dem Fokus auf die Auge- Hand Koordination zu einer Verbesserung dieser führen kann und zu einer Leistungssteigerung im sportlichen Kontext. Ebenso Zupan (2006), Cordes (2013) und Schwab (2012) nutzten ähnliche Trainingsgeräte um die Auge- Hand Koordination zu trainieren. In allen Studien konnte eine Verbesserung der Aufgabe an der Trainingswand nachgewiesen werden. Berücksichtigen

jedoch nicht die Fragestellung ob es zu einer Übertragung auf die sportliche Leistung kommt.

In Bezug auf die gegebenen Möglichkeiten der Trainingssituation der Mannschaft und der Teilnehmerinnen wurden die Bedingungen für die Durchführung der Studie ausgearbeitet. Der Zeitraum der Studie wurde auf die gesamte Meisterschaft der 2. Division des italienischen Frauenhandball festgelegt. Daraus folgten 12 Wochen Trainingsphase pro Gruppe. Im Vergleich zu anderen Studien basierend auf Sport Vision Training liegt diese Dauer oberhalb der durchschnittlichen Trainingsdauer von 4- 8 Wochen. Anzumerken ist, dass sich die vorliegende Studie auf eine visuomotorische Aufgabe fokussierte und eine Trainingseinheit eine Dauer von weniger als 5 Minuten hat. Andere Studien hingegen, beziehen sich meist auf mehrere visuellen Fähigkeiten und halten längere Trainingseinheiten ab und diese mehrmals die Woche.

Die äußeren Bedingungen während einer Trainingseinheit wie beispielsweise die Tageszeit, der Durchführungsstandort und die Raumbeleuchtung waren für alle Teilnehmerinnen gleich.

Aufgrund der limitierten Anzahl an Teilnehmerinnen und der Notwendigkeit die Spielposition bei der Bildung der Gruppen zu berücksichtigen, ergab sich eine leichte Altersdifferenz zwischen den beiden Gruppen. Der Altersunterschied von 1,4 Jahren wurde aber als zu gering bewertet, um die Leistung der beiden Gruppen zu beeinflussen.

Zudem wird hervorgehoben, dass durch den Ausschluss einer Teilnehmerin aus Gruppe 2, nur eine Torfrau an der Studie teilnahm. Die sportliche Leistung der Torfrau konnte zudem nicht festgehalten werden, da diese anhand der erzielten Tore während einem Meisterschaftsspiel gemessen wurde. Ein möglicher Parameter, um die sportliche Leistung einer Torfrau zu messen, könnte die Abwehr eines Balles sein.

Mit Hilfe standardisierter Testverfahren wurden insgesamt sieben nicht leistungsabhängige und vier leistungsabhängige orthoptische Parameter im Eingangs- und Ausgangstest erfasst. Bei den nicht leistungsabhängigen Parameter handelt es sich um die BCVA (Best Corrected Visual Acuity), den

Cover Test (CT), den Prismen Cover Test (PCT), den Konvergenznahpunkt, die okuläre Motilität, die okuläre Dominanz und die dominante Hand. Die leistungsabhängigen Parameter sind die positive und negative Fusionsbreite (FB) für die Nähe und die Ferne, die Akkommodationsbreite (AKB), der „Accommodative Facility Test“ und der DEM Test (Developmental Eye Movement™).

Die Auswertung der orthoptischen Daten orientierte sich an den Fragen ob es Unterschiede zwischen beiden Gruppe im Eingangs- und Ausgangstest gibt und ob es Unterschiede zwischen den Daten des Eingangs- und Ausgangstest innerhalb einer Gruppe und als Gesamtkollektiv gibt.

Im Vergleich der Daten des Eingangstest zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 konnte ein Unterschied der negativen Fusionsbreite der Nähe um 2,5 dpt festgestellt werden. Dieser Unterschied wurde in der statistischen Analyse als signifikant hervorgehoben. Klinisch betrachtet gilt ein Unterschied von 2,5 dpt bei der negativen Fusionsbreite der Nähe als nicht relevant.

Ebenso der Unterschied der horizontalen Sakkadengeschwindigkeit des Ausgangstest zwischen beiden Gruppen von 3,1 s wird als nicht bedeutend bewertet. Folglich gab es keinen deutlichen Unterschieden zwischen den beiden Gruppen in den Daten des Eingangstest und Ausgangstest. Deutlich stach jedoch hervor, dass es in beiden Gruppen, als auch im Gesamtkollektiv, zu einer Steigerung einiger leistungsabhängiger Parameter kam. In beiden Gruppen und als Gesamtkollektiv kam es zu einer Verbesserung der vertikalen Sakkadengeschwindigkeit. Hierbei kann jedoch nicht klar definiert werden ob es zu einer Verbesserung der Sakkaden gekommen ist oder zu einer Verbesserung der Ausführung der Aufgabe. Zudem könnten externe Messeinflüsse das Ergebnis verfälschen, da mit einer manuellen Stoppuhr die Zeit gemessen wurde.

Gleichermaßen ist nicht davon auszugehen, dass es durch die visuomotorische Aufgabe zu einer Verbesserung der Konvergenz kam, sondern dass die Teilnehmerinnen entweder beim Ausgangstest den Mechanismus der Konvergenz besser umsetzen konnten oder dass es zu externen Messfehlern kam.

Anhand der erzielten Tore wurde die sportliche Leistung beider Gruppen erfasst und analysiert. Dabei wurde die sportliche Leistung beider Gruppen verglichen und ermittelt ob es im Laufe der Meisterschaft zu einer Änderung kommt. Mittels der cross-over Studie konnte während der gesamten Meisterschaft Gruppe 1 und Gruppe 2 verglichen werden und festgestellt werden, ob die Ausführung der visuomotorischen Aufgabe zu einer Verbesserung der sportlichen Leistung führt. Da weder ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen noch eine Veränderung im Laufe der Meisterschaft nachgewiesen werden konnte, lässt sich darauf schließen, dass die visuomotorische Aufgabe keinen Einfluss auf die sportliche Leistung hat. Diese Annahme wurde auch anhand der Korrelationsanalyse überprüft und bestätigt.

Anzumerken ist, dass im Handballsport eine gute sportliche Leistung nicht allein von den erzielten Toren abhängig ist. Weitere Leistungsbestimmende Faktoren im Handball sind strategisch-taktische Voraussetzungen, psychische Voraussetzungen, physische Voraussetzungen, Koordination, Spielfähigkeit, Technik, soziale Faktoren, Anthropometrische Faktoren und Handlungsschnelligkeit (Weber 2014). In Folge dessen sollten zukünftige Forschungsarbeiten weitere Variablen für die sportliche Leistung beachten.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag darin die Auge-Hand-Koordination und die periphere Wahrnehmung zu verbessern um in Sportsituationen schnell auf visuelle Informationen reagieren zu können. Durch visuomotorische Aufgaben werden diese Fähigkeiten an verschiedenen Instrumenten bewertet und verbessert. Hervorzuheben ist, dass es Nachweise gibt, dass viele dieser Instrumente für die Bewertung der visuell-motorischen Leistung nützlich sind (Zwierko 2014), es jedoch kaum Forschungsergebnisse hinsichtlich ihrer Wirksamkeit als Trainingsinstrument gibt.

In einer Studie von Schwab und Memmet (2012) war ein solches Trainingsinstrument Teil einer 6-wöchigen Trainingsstudie mit jungen Feldhockeyspielern. Darin wurde eine Hockey-Jugendmannschaft in eine Trainings- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Trainings-Gruppe konnte ihre Reaktionszeit und ihre periphere Wahrnehmungsleistung im Vergleich zur

Kontrollgruppe signifikant verbessern. Zu beachten ist dabei jedoch, dass weitere Trainingsgeräte in das Sport Vision Training miteinbezogen wurden und der genaue Beitrag des Trainingsinstrumentes zur Auge- Hand Koordination noch klar bestimmt werden muss.

In der vorliegenden Arbeit wurden die visuomotorischen Fähigkeiten an einer selbstkonstruierten Trainingswand trainiert. Anhand der Reaktionszeit konnte eine stetige Verbesserung aller Teilnehmerinnen in beiden Gruppen beobachtet werden.

Im Allgemeinen ist es jedoch schwierig festzustellen, ob es durch die visuomotorische Aufgabe zu einer Verbesserung der grundlegenden Sehfunktionen kam oder es eine Wirkung der erweiterten Praxis auf das Testinstrument ist.

Daher sollten aus methodologischer Sicht zukünftige Studiendesigns Placebogruppen miteinbeziehen, um „Vertrautheitseffekte“ zu vermeiden, die ein besonderes Problem darstellen, wenn sich die Aufgabe und die Intervention stark überschneiden (Schwab 2012). Zudem besteht die Möglichkeit, dass sich aufgrund der Pseudo Randomisierung Teilnehmerinnen Teilequenzen der Leuchtreihenfolge merken konnten, welches in zukünftigen Studien zu vermeiden gilt.

Abschließend wurde anhand eines Fragebogens eine subjektive Bewertung der Teilnehmerinnen erhoben. Daraus ergab sich, dass der Großteil der Teilnehmerinnen durch die visuomotorische Aufgabe keine Veränderung in der Reaktionszeit während einer Sporeinheit erkennen konnten. Nur zwei Teilnehmerinnen gaben an, dass sie subjektiv eine deutliche Verbesserung bemerkt haben. Dabei handelt es sich zum einen um die Torfrau der Mannschaft und zum anderen um eine Rückraumspielerin.

Besonders die Spielposition der Torfrau erfordert eine gute Auge- Hand Koordination, sowie eine ausgeprägte periphere Wahrnehmung um rasch reagieren zu können. Aufgrund des Ausschlusses der zweiten Torfrau, konnte nicht festgestellt werden ob die positive Rückmeldung Positionsabhängig oder zufällig ist.

Auffällig war, dass es erwünscht ist visuomotorische Aufgaben in das zukünftige Training einzubauen, auch wenn keine Steigerung der sportlichen Leistung erkannt werden konnte. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass neuartige Trainingsgeräte oftmals auf besonderes Interesse stoßen. Zudem beschreibt Cordes (2013) die Option, dass ein Sport Vision Training einen psychologischen Effekt mit sich bringt und fernab von sportlicher und visueller Leistung eine Wirkung im psychodynamischen Bereich erzeugt.

Als wesentliches Ergebnis dieser Studie konnte festgestellt werden, dass es durch ein mehrwöchiges Training an der Trainingswand zu einer Verbesserung der Reaktionszeit während der visuomotorischen Aufgabe kommt, es jedoch keinen Übertragungseffekt auf die sportliche Leistung gibt und es zu keiner sportlichen Leistungssteigerung kam. Wie erwartet hatte die visuomotorische Aufgabe keinen Einfluss auf die orthoptischen Parameter. Die subjektive Bewertung durch den Fragebogen zeigte jedoch eine positive Rückmeldung der Teilnehmerinnen und den Wunsch mit visuomotorischen Aufgaben in Zukunft zu trainieren.

Auch ohne wissenschaftlichen Nachweis ihrer Effektivität gelten visuomotorischen Aufgabe als eine attraktive Ergänzung und Abwechslung zum alltäglichen Training und könnten somit ggf. positive Effekte nachweisen. Schließlich sind Zusammenhänge zwischen Sehleistung und motorischer Leistungsfähigkeit unbestritten (Jendrusch 2008,2009).

Zudem führte diese Arbeit zu folgenden offenen Fragestellungen:

- Führt die Analyse anderer sportlicher Variablen zu einem anderen Ergebnis?
- Hat die Spielposition der Teilnehmerin einen Einfluss auf die Ausführung der visuomotorischen Aufgabe?
- Verändert eine Erhöhung der Anzahl und Dauer der Trainingseinheiten das Ergebnis?
- Gibt es einen Unterschied bei der Ausführung der visuomotorischen Aufgabe zwischen Augengesunden Teilnehmern und orthoptisch auffälligen Teilnehmern?

- Führt ein kombiniertes Sport Vision Training, mit weiteren visuellen Aufgaben, zu einem Übertragungseffekt im Sport?
- Führt eine spezifische visuomotorische Aufgabe im Nachwuchsbereich zu einem anderen Ergebnis?

6. Schlussfolgerung

Auf der Grundlage dieser Studie konnte festgestellt werden, dass ein spezifisches visuomotorisches Training zu einer Verbesserung der Reaktionszeit am Trainingsinstrument führt, es jedoch keinen Übertragungseffekt auf die sportliche Leistung gibt. Schwierig ist es zu beurteilen, ob es zu einer Verbesserung der grundlegenden Sehfunktion kam oder ob die Verbesserung der Reaktionszeit auf eine Wirkung der erweiterten Praxis auf das Testinstrument zurückzuführen ist.

Wie angenommen, kam es durch das visuomotorische Training zu keinen deutlichen Änderungen der orthoptischen Parameter. Entgegen der Erwartungen kann hervorgehoben werden, dass die subjektive Beurteilung eine Tendenz aufzeigt, dass sich die Teilnehmerinnen wünschen visuomotorische Aufgaben in das zukünftige Training einzubauen. Denn womöglich erzeugen visuomotorische Aufgaben, als attraktive Ergänzung und Abwechslung zum alltäglichen Training, eine Wirkung im psychodynamischen Bereich und erzeugen somit positive Effekte.

Literaturverzeichnis

- Appelbaum L, Erickson G (2016) *Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques*. International Review of Sport and Exercise Psychology. 11. S.4. doi: 10.1080/1750984X.2016.1266376
- Blackwell C, Cary K, Holst K, et al. (2020) *Dynavision Normative Data for Healthy Adults: Reaction Test Program*. Am J Occup Ther. Jan/Feb; 74(1). doi: 7401185060p1-7401185060p6
- Buyss JHC, Ferreira JT (2008) The development of protocols and norms for sports vision evaluations. The South African Optometrist. 67 (3). S. 106-117
- Cordes J (2013) *Zur Effektivität von Sports Vision Training* (Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin einer Hohen Medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität Bochum). Erhalten von: <https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/index/index/year/2018/docId/3907>
- Drago D (2009) *Guida alla professione di ortottista*. Ravagnese: Città del Sole Edizioni s.a.s. S. 29-30
- Ellison PH (2015) *Eye- Hand Coordination: an exploration of measurement and different training methods using SVT™* (A thesis submitted in partial fulfilment of th requirements for the award of PhD). S.2. Erhalten von <https://research.edgehill.ac.uk/en/studentTheses/eye-hand-coordination-an-exploration-of-measurement-and-different>
- Ellison PH, Sparks A, Murphy P, Carnegie E, Marchant D (2015) *Determining Eye–Hand Coordination Using the Sport Vision Trainer: An Evaluation of Test–Retest Reliability*. Research in Sports Medicine. 22(1). S.36-48 doi: 10.1080/15438627.2013.852090. PMID: 24392770.
- Erickson G (2007) *Sports Vision. Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*. St. Louis Missouri: Butterworth Heinemann Elsevier

Gardner JJ, Sherman A (1996) *Vision requirements in sports*. In *Sports Vision* (Eds Loran. D.F.C and MacEwen, C.J.). Butterworth Heinemann, Oxford, 22-37.

Gralla V (2008) *Peripheres Sehen im Sport- Möglichkeiten und Grenzen dargestellt am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung* (Dissertation zur Erlangung des Grads eines Doktors der Sportwissenschaft im Fach Sportmedizin). Erhalten von <https://d-nb.info/989295990/34>

Jain A, Bansal R, Kumar A, Singh KD (2015) *A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students*. International journal of applied & basic medical research, 5(2), S.124–127. doi: 10.4103/2229-516X.157168

Jendrusch G (2008) *Leistungen des visuellen Systems im Sport*. Z. prakt. Augenheilkd. 29 (Sonderdruck). S. 239 - 247

Jendrusch G (2009) *Sportspiele und visuelle Leistungsfähigkeit – Bochumer Perspektiven, Sportspielforschung und- ausbildung in Bochum*. Edition Czwalina. S. 117- 138

Jendrusch G (2011) *Dynamisches Sehen im Sport*. Aktuelle Kontaktologie. 18. Heft, S.26- 29

Jendrusch G (2019) *Visuelle Leistungsfähigkeit in den Rückschlagsportarten-Bedeutung, Diagnostik und Intervention*. Sports Orthopaedics and Traumatology. 35(1). S. 14-21

Kaufmann H, Steffen H (2012a) Strabismus. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG. 4. Auflage. S.86- 92

Kaufmann H, Steffen H (2012b) Strabismus. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG. 4. Auflage. S.214

Kolodziej C 2003 *Richtig Handball*, München: BLV- Verlagsgesellschaft mbH, S. 104

- Lindblad B, Hoy K, Terkelsen Ca, Helleland H, Terkelsen Ch (1992) *Handball injuries- An epidemiologic and socioeconomic study*. The American Journal of Sports medicine. 20(4). S. 441- 444. doi: 10.1177/036354659202000413
- Maiello G, Kwon M, Bex P (2017) *Three- dimensional binocular eye-hand coordination in normal vision and with simulated visual impairment*. Experimental Brain research 236. S. 691 doi: 10.1007/s00221-017-5160-8.
- Maxwell J, Tong J, Schor CM (2012) Short-term adaptation of accommodation, accommodative vergence and disparity vergence facility. *Vision research*, 62, S. 93 doi: 10.1016/j.visres.2012.03.013
- Mishra A, Verma AK (2012) *Sports related ocular injuries*. Medical journal, Armed Forces India, 68(3), S. 261. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2011.12.004>
- Palidis DJ, Wyder-Hodge PA, Fooken J, Spering M (2017) *Distinct eye movement patterns enhance dynamic visual acuity*. *PloS one*, 12(2), doi: 10.1371/journal.pone.0172061
- Potgieter K, Ferreira JT (2009) *The effects of visual skills on Rhythmic Gymnastics*. The South African Optometrist. 68 (3). S. 139
- Reichow AW, Stern NS (1986) *Optometric trends in sports vision*. Optometric Extension Program Foundation. Curriculum II. 59. S. 355-368.
- Roy R, Chaudhry M, Sharma I (2016) *Visual Assessment of Sports Professionals*. International Journal of Current Advanced Research. 5(10). S. 1295-1296
- Sampedro AG, Richman JE, Sánchez Pardo M (2003) *The Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM) A Tool for Saccadic Evaluation in Adults*. Journal of Behavioral Optometry. 14 (1). S. 1-5
- Schapschröer M, Holzhey C, Bund A, Sickenberger W (2011) *Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung*. Optometrie Sport DOZ 01, S. 91-95

Schwab S, Memmert D (2012) *The impact of a sports vision training program in youth field hockey players*. Journal of Sports Science and Medicine. 11 (4), S. 624- 631

Weber J (2014) *Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Positionsspezialisierung und Leistung im Handballsport* (Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts- Universität zu Kiel) S.25. Erhalten von: https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00005915/Diss_Johanna_Weber.pdf

Zeri F, Pitzalis S, Di Vizio A, Ruffinatto T, Egizi F, Di Russo F, Armstrong R, Naroo S. A. (2018). *Refractive error and vision correction in a general sports-playing population*. Clinical & experimental optometry, 101(2), S.225–236. doi:10.1111/cxo.12626

Zupan M, Arata A, Wile A, Parker R (2006) *Visual adaptations to sports vision enhancement training*. Optometry Today 1. S. 44

Zwierko T, Florkiewicz B, Fogtman S, Kszak- Krzyzanowska A (2014) *The ability to maintain attention during visuomotor task performance in handball players and non- athletes*. Central European Journal of Sport Sciences and Medicine, 7(3), S. 99-106

Internetseitenverzeichnis

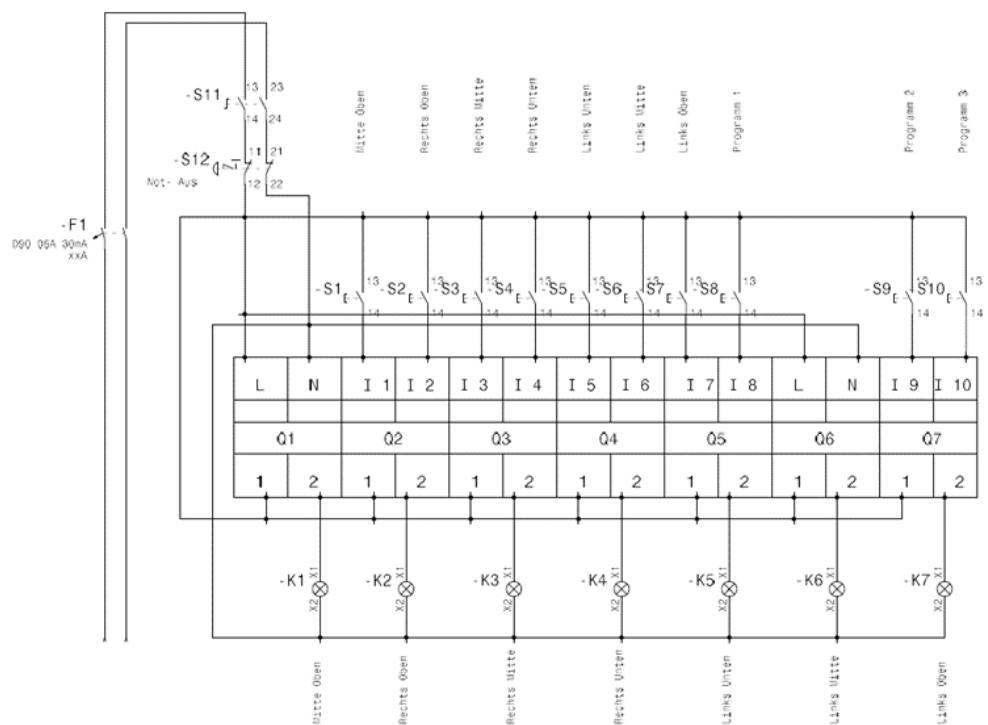
CNTRL (letzte Konsultation September 2020)

<https://www.cnrtl.fr/etymologie/sport/substantif>

Istat (2017) *La pratica sportiva in Italia* Erhalten von: <https://www.istat.it/it/files//2017/10/Pratica-sportiva2015.pdf>

Anhang

Schaltplan der elektronischen Installation der Trainingswand



Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei meinem Erstleser Zorzi Gianni für sein Engagement und der kontinuierlichen Förderung dieser Arbeit. Danken möchte ich auch meinem Zweitleser und Trainer Waldner Lukas für seine stetige Unterstützung auch abseits vom Spielfeld.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Dr. Vittadello ohne den die gesammelten Daten Zahlen geblieben wären.

Ebenso unseren Studiengangsleiter Herrn Bottin Davide für sein Engagement während der gesamten Studienzeit.

Ein herzlicher Dank gilt auch meinem Verein und meinen Mannschaftskolleginnen, ohne deren Mitarbeit meine Diplomarbeit nie möglich gewesen wäre.

Danken möchte ich auch meiner Familie, meinen Freund Leo und all meinen Freunden, die mich während der gesamten Zeit meines Studiums unterstützt.

Als einzige Verfasserin dieser Diplomarbeit hafte ich für deren Inhalt im Sinne des Gesetzes über das Urheberrecht. Ich erkläre, diese Arbeit unter Einhaltung der geltenden Bestimmungen des Urheberrechts und des Zivilgesetzbuches selbst verfasst zu haben.

Lana, 06.10.20

Hillebrand Vera