
Entwicklung diagnostischer Verfahren zur Raumorientierung bei schnellen Ganzkörperdrehungen

Christoph von Lassberg & Jürgen Krug (Projektleiter)

Universität Leipzig
Sportwissenschaftliche Fakultät

1 Problem

Verschiedene Studien belegen adaptative Veränderungen des okulomotorischen Reflexniveaus bei monoaxial rotationstrainierten Probanden. Die Ergebnisse hierzu müssen allerdings bisher als widersprüchlich eingestuft werden (z. B. Stangl et al., 2000; Ahn et al., 2000). Im vorliegenden Projekt wurden bei intensiv rotationstrainierten Sportler-Kollektiven verschiedene Parameter des okulomotorischen Reflexniveaus gegen nicht trainierte Kontrollgruppen untersucht, sowohl unter monoaxialen klinischen Standardbedingungen als auch während multiaxialer sportartspezifischer Belastungssituationen. Das methodische Vorgehen basiert auf dem Ansatz, dass die menschliche Okulomotorik – zum Zwecke der optimalen Blickstabilisierung – als das Ergebnis sämtlicher Verrechnungsprozesse multifaktorieller Rauminformationen zu verstehen ist. Es sollte geprüft werden, ob anhand der Erfassung der individuellen okulomotorischen Reflexausprägung während und nach Ganzkörperrotationen möglicherweise Rückschlüsse auf unterschiedliche multisensorische Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse bei sportartspezifischen Rotationsbelastungen möglich sind und ob diese in einem Zusammenhang mit den individuellen Raumorientierungsfähigkeiten der Probanden stehen. Gelingt der Nachweis eines derartigen Zusammenhangs, wäre damit eine wesentliche Voraussetzung geschaffen, künftig einen anwendungsorientierten Einsatz okulographischer Testverfahren zur Diagnostik der individuellen sportartspezifischen Raumorientierungsfähigkeit zu prüfen. Ein weiteres Anliegen des Projekts war es, das bisher defizitäre Gesamtverständnis multifaktorieller Zusammenhänge der menschlichen Orientierungsregulation und Bewegungssteuerung während komplexer sportartspezifischer Ganzkörperrotationen weiter voranzutreiben, um die grundlegenden physiologischen Zusammenhänge im Rahmen eines Gesamtmodells integrieren zu können und für die Trainingspraxis nutzbar zu machen.

2 Methode

Folgende Untersuchungen wurden an verschiedenen Messplätzen durchgeführt (Abb. 1):

- Rotationstests im computergesteuerten Vestibularisstimulationsgerät Tübingen (VSG),

- Rotationstests im Längsachsen- und im Saltodrehgerät Leipzig,
- Feldtests bei sportartspezifischen multiaxialen Rotationen im freien Flug.

Zur Erfassung der okulomotorischen Daten wurde in allen Untersuchungen das Videonystagmographiesystem 2D VOG (SMI) mit telemetrischer Datenübertragung verwendet (Abb. 1). Die entsprechenden Stimulusdaten wurden jeweils synchron erfasst.



Abb. 1: Messplätze (von links): Vestibularisstimulationsgerät; Längsachsendrehgerät; Saltodrehgerät; okulographische Tests im freien Flug mit 3-D-Kinemetrie; Versuchsperson jeweils mit Videonystagmographiebrille

Zusätzlich umfasste das Projekt die Durchführung ergänzender Pilotuntersuchungen zur subjektiven Positionseinschätzung bei Ganzkörperrotationen, auf die im Rahmen dieses Kurzberichtes nicht eingegangen werden kann.

An den Untersuchungen im VSG nahmen neun D-Kader-Turner (hohe Längs- und Breitenachsen-Rotationserfahrung, Alter 10-13 J., Trainingsumfang 20 Std./Wo.), acht Nachwuchs-Trampolinturnerinnen (Trainingsumfang 6-8 Std./Wo.) und zehn Nichtsportler (keine spezifische Rotationserfahrung) jeweils gleichen Alters teil; außerdem neun nationale Spitzenturner (Alter 17-25 J., Trainingsumfang 30-32 Std./Wo.) und ein Trampolinturner der nationalen Spitze. Die Kollektive der Untersuchungen im Längsachsen- und Saltodrehgerät umfassten acht 11- bis 16-jährige Turnerinnen (Trainingsumfang 8-13 Std./Wo.), elf gleichaltrige D-Kader-Eiskunstläufer/-innen (hohe Längsachsenrotationserfahrung in der Horizontalebene, Trainingsumfang 12-18 Std./Wo.) sowie elf Nichtsportler/-innen gleichen Altersspektrums. Die Probanden für die Tests im freien Flug rekrutierten sich aus der Gruppe der o. g. Turnerinnen.

Es wurden in einem kombinierten Quer- und Längsschnittdesign verschiedene okulomotorische Parameter zu unterschiedlichen Messzeitpunkten vor (MZ1) und nach dreiwöchiger Trainingspause (MZ2) sowie noch einmal nach drei Jahren (MZ3) geprüft. Folgende Parameter wurden untersucht:

- Präzision der retinalen Blickfolgeschwindigkeit (Gain des „Smooth pursuit“) unter Standardbedingungen bei ruhender Körperposition,

- Präzision des vestibulo-okulären Reflexes (VOR-Gain) unter verblindeten Standardbedingungen bei monoaxialen sinusoidalen Ganzkörperrotationen in horizontaler und vertikaler Ebene sowie unter verblindeten und monokulären Sichtbedingungen bei multiaxialen sinusoidalen Ganzkörperrotationen (Schraubensalto-Simulationen, siehe Abbildung 2) und im freien Flug,
- Ermittlung der „Zeitkonstante“ des per- und postrotatorischen Nystagmus unter verblindeten und monokulären Standardbedingungen sowie bei schnellen gleichförmigen Rotationen (bis max. $1000^\circ/\text{s}$) zur Erfassung der vestibulären Habituation.

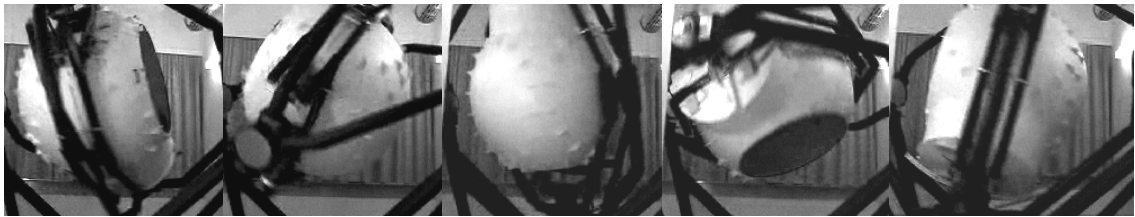


Abb. 2: *Beispiel: Doppel-Schraubensimulation im Vestibularisstimulationsgerät Tübingen*

Zur Berechnung der entsprechenden Werte diente ein modifiziertes Programm der Universität Tübingen auf Basis von „Vortex LabView VI Library“. Die genannten Parameter wurden einerseits auf gruppen- und verlaufsspezifische Unterschiede (Mann-Whitney-U und Wilcoxon) und andererseits auf Korrelationen mit Expertenrankings durch drei Trainer pro Sportlerkollektiv untersucht (bivariate Korrelationsanalysen nach Spearman). Die Trainerrankings umfassten folgende Teilleistungsqualitäten:

- verschiedene Beurteilungsparameter zur Einschätzung der quasi-statischen Gleichgewichtsfähigkeit (Ranking 1 bis 3),
- individuelles Raumorientierungsvermögen bei multiaxialen Rotationsbewegungen im freien Flug (Ranking 4) sowie im Hang oder Stütz (Ranking 5).

3 Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Teiluntersuchungen durchgeführt, auf die in diesem Kurzbericht nicht eingegangen werden kann. Im Folgenden sollen lediglich wesentliche Ergebnisse bzgl. der VOR-Präzision skizziert werden:

- Die dreidimensionalen nystagmischen Muster im VSG ließen eine eindeutige Identifizierung bzgl. Drehrichtung und Anzahl der überlagerten Längsachsendrehungen bei einfachen und doppelten Schraubensimulationen zu. Diese Beobachtung fand sich sowohl bei den Experten als auch bei den Novizen.
- Es fanden sich signifikante Korrelationen der vertikalen VOR-Gains mit den in den Trainerrankings erfassten multiaxialen Raumorientierungsleistungen bei den D-

Kader-Turnern (Ranking 4 und 5; bei hochsignifikanter Korrelation zu den Trainerbeurteilungen).

- Weder bei horizontalen, bei vertikalen, noch bei multiaxialen Rotationstests fanden sich hingegen deutliche Gruppenunterschiede zwischen den VOR-Gains. Lediglich unter Bedingungen der Bewegungsantizipation zeigten die rotationstrainierten Gruppen eine signifikante Reflexsuppression.
- Trotz hoher interindividueller Varianz korrelierten die Werte intraindividuell zwischen den Einzeltests hochsignifikant und zeigten damit ein hohes Maß individueller Stabilität.
- Auch zum MZ 2 und MZ 3 blieben die Gain-Werte über allen Gruppen stabil.

Bei der aktiven Ausführung von Schraubensalti durch die Experten (einfach, eineinhalb und doppelt; vorwärts und rückwärts) fand sich – im Gegensatz zu den lebhaften Nystagmusreaktionen bei passiven multiaxialen Rotationen im VSG – eine vollständige Suppression blickstabilisierender Reflexe (keine Nystagmen).

4 Diskussion

Die klare Identifizierung der durchgeführten multiaxialen Drehungen im VSG nur anhand der okulomotorischen Muster zeigt grundsätzlich eine hohe dreidimensionale Präzision der Okulomotorik bei komplexen Schraubenbewegungen – sowohl bei den Experten als auch in der drehunerfahrenen Kontrollgruppe. Bezüglich des Präzisionsniveaus dieser okulomotorischen Muster (VOR-Gain) konnten allerdings keine deutlichen Gruppenunterschiede gefunden werden. Die große interindividuelle Streuung der Gain-Werte in beiden Gruppen bei hoher intraindividuell Stabilität spricht für ein primär individuell determiniertes Geschehen. Ein Zusammenhang bestimmter Parameter des VOR-Niveaus mit multiaxialen Teilleistungsfähigkeiten scheint allerdings gegeben. Die große Streuung der Werte muss jedoch dahingehend interpretiert werden, dass neben der individuellen okulomotorischen Reflexpräzision auch kognitive Faktoren die subjektive Raumorientierungsfähigkeit wesentlich mit beeinflussen. Resümierend lässt sich somit festhalten, dass die Ergebnisse zwar einen Zusammenhang bestimmter okulomotorischer Parameter mit der individuellen Raumorientierungsfähigkeit belegen, die Chancen zur Entwicklung einer allein auf diesen Zusammenhängen basierenden Raumorientierungsdiagnostik allerdings kritisch einzuschätzen sind. Unter Berücksichtigung sämtlicher Ergebnisse der Studie bei passiven wie auch bei aktiven monoaxialen und multiaxialen Rotationen sowie unter Einbeziehung relevanter neurophysiologischer Literaturstellen konnte aus den Ergebnissen des Projektes erstmals ein integrierendes Gesamtmodell zur Erklärung wesentlicher Orientierungs- und Steuerungsprozesse während der Ausführung sportartspezifischer Ganzkörperrotationen entwickelt werden.

5 Literatur

- Ahn, S. C., Lee, C. Y., Kim, D. W. & Lee, M. H. (2000). Shortterm vestibular responses to repeated rotations. *Journal of vestibular research*, 10 (1), 17-23.
- Stangl, W., Fetter, M. & Gollhofer, A. (2000). Räumlich-dynamische Präzision von Augenbewegungen bei Drehungen um die Körperachsen in unterschiedlichen Sportarten. *Leistungssport*, 30 (1), 58-62.

