

Evaluierung der Gelenkwinkelgenauigkeit von markerlosem silhouettenbasiertem und hybridem Tracking gegenüber traditionellem Marker-Tracking – Evaluierung für spezifische Gelenkbewegungen

L. Becker, Ph. Russ

Einleitung: Markerloses Tracking wird als potentielle Technologie gesehen um Bewegungsanalysen einfacher, schneller und besser verfügbar zu machen. Bisherige Methoden von markerlosem Tracking zeigen ein Fehlen an Genauigkeit für sportliche und medizinische Anwendungen [1,2,3,4]. Ziel dieser Studie war es, die Genauigkeit von markerlosem und hybridem Tracking des neuen Simi Shape gegenüber traditionellem marker-basiertem Tracking zu evaluieren.

Methodik: Eine Person, die Bewegungen in allen Hauptgelenken und -ebenen durchgeführt hat (22 Bewegungen), wurde aufgenommen. Eine kommerzielle Software zur marker-basierten Bewegungsanalyse (Simi Motion 3D, <0,1 mm mittlerer Fehler) wurde verwendet um 3D-Markerdaten zu erhalten. Gelenkwinkel mit dem ISB-Standard entsprechenden Gelenkachsen berechnet.* Markerlose silhouetten-basierte Gelenkwinkel-Daten wurden mit einer neuartigen Software für markerlose Bewegungsanalyse (Simi Shape) erhalten, ebenso hybride Daten durch das Verwenden verschiedener Marker-Kombinationen zur Unterstützung des Silhouetten-Trackings. Markerlose und marker-basierte bzw. hybride Daten wurden zur gleichen Zeit mit 8 Kameras (0,3MP@100Hz) aufgenommen. Für jede Bewegung wurden Aufnahmen mit 595 ± 129 Bildern gemacht und Gelenkwinkel anhand des Spearman Korrelationskoeffizienten (Daten sind nicht normalverteilt) und der Standardabweichung der Winkeldifferenz verglichen.

* berechnet mit dem Simi Motion Inverse Kinematik-Modul [5]

Ergebnisse: Korrelationen $\geq 0,9$ wurden als sehr gut definiert. Reines Silhouetten-Tracking zeigt Probleme, wenn sich bei der Segmentrotation die Erscheinung der Silhouette kaum ändert. Dies kann auch Ellenbogen-Winkel beeinflussen, da der Ellenbogen eine Hyperextension anstatt einer Flexion ausführt, wenn der Arm in der Schulter stark rotiert und dadurch sehr hohe, negative Korrelationen auftreten. Auch das Becken ist durch seine annähernd rotationssymmetrische Form schwer zu tracken, wodurch Hüftwinkel beeinflusst werden. Außerdem ändert sich die Silhouette bei einer Eversion/Inversion des Fußes kaum, die dadurch markerlos nicht präzise getrackt werden kann. Benutzt man Hybrid-Tracking in Simi Shape, was bedeutet, dass zusätzliche Marker das Silhouetten-Tracking unterstützen, erhält man mit insgesamt 15 Markern sehr gute Ergebnissen in allen Gelenken.

Quellenangaben:

- [1] Ceseracciu E, Sawacha Z, Cobelli C (2014) Comparison of Markerless and Marker-Based Motion Capture. Technologies through Simultaneous Data Collection during Gait: Proof of Concept. PLoS ONE 9(3): e87640. doi:10.1371/journal.pone.0087640
- [2] Corazza, S., Mündermann, L., Gambaretto, E., Ferrigno, G., Andriacchi, T.P. (2009). Markerless Motion Capture through Visual Hull, Articulated ICP and Subject Specific Model Generation. Int J Comput Vis (2010) 87:156-169. DOI 10.1007/s11263-009-0284-3
- [3] Oberländer K.D., Brüggemann G.-P. Validation of a real-time markerless tracking system for clinical gait analysis. Proc of 35. Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Long Beach, USA, 2011
- [4] Surer E, et al. A markerless estimation of the ankle-foot complex 2D kinematics during stance. Gait Posture (2011), doi:10.1016/j.gaitpost.2011.01.003
- [5] Simi Reality Motion Systems GmbH. (2015). Motion – Benutzerhandbuch, Kap. 17

Tab. 1: Korrelationen und Standardabweichungen der Winkeldifferenz von markerlosen und Hybrid-Daten aus Simi Shape vs. marker-basierter Daten aus Simi Motion. Korrelationskoeffizienten $\geq 0,9$ in grün, $\geq 0,7$ in gelb, $< 0,7$ in rot dargestellt. Erster Wert zeigt die rechte Körperseite, linker Wert zeigt die linke Körperseite

Gelenk	Bewegung	MARKERLOS		HYBRID		verwendete Marker
		Korrelation	SD der Winkeldiff. [°]	Korrelation	SD der Winkeldiff. [°]	
Hüfte	Flexion/Extension	0,86 / 0,91	14,5 / 18,6	1,00 / 0,99	2,0 / 3,2	3 Becken
	Abduktion/Adduktion	0,97 / 0,98	5,4 / 2,8	0,99 / 0,99	1,9 / 2,0	3 Becken
	Rotation	0,93 / 0,93	10,4 / 6,6	0,96 / 0,97	2,6 / 4,0	3 Becken, lat. Knie
Knie	Flexion/Extension	1,00 / 1,00	3,3 / 4,5	sehr gutes markerloses Tracking		
Fuß	Plantar-/Dorsalflexion	0,98 / 0,96	3,9 / 5,5	0,98 / 0,98	3,7 / 3,8	Vorfuß
	Eversion/Inversion	0,39 / 0,81	5,5 / 4,1	0,94 / 0,91	2,1 / 3,7	lat. Knöchel
	Abduktion/Adduktion	0,58 / 0,90	7,9 / 5,6	0,92 / 0,96	5,0 / 3,1	lat. und med. Knie
Schulter	Flexion/Extension	1,00 / 1,00	7,4 / 14,4	gutes markerloses Tracking (hohe Standardabweichungen der Winkeldifferenzen wegen unterschiedlich definierter Schultergelenkzentren)		
	Abduktion/Adduktion	0,88 / 0,78	9,9 / 13,3	0,93 / 0,95	7,6 / 5,6	lat. Ellenbogen, Trizeps
	Rotation	0,90 / -0,10	14,5 / 24,6	0,99 / 1,00	1,6 / 3,1	Trizeps
Ellenbogen	Flexion/Extension	1,00 / -0,99	5,9 / 106,4	0,99 / 0,99	4,5 / 7,1	Trizeps

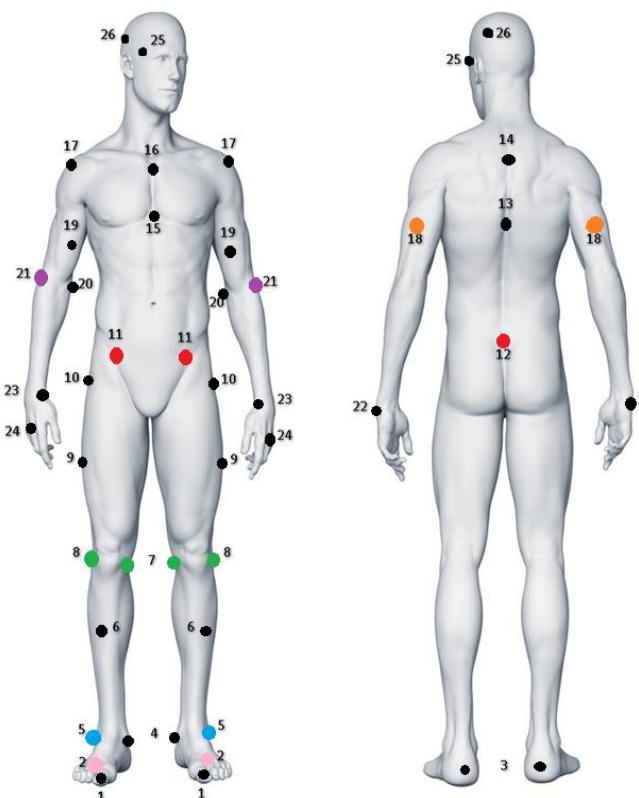


Abb. 1: Ganzkörper-Markerset – Marker für Hybrid-Tracking farbig markiert

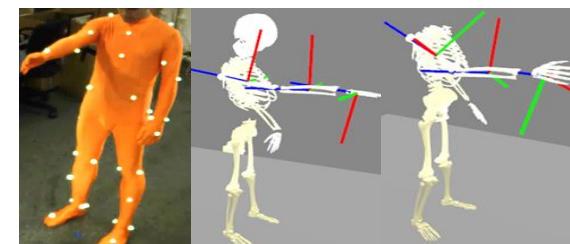


Abb. 2: Kamerabild, marker-basierte Daten, markerlose Daten

Diskussion: Diese Studie zeigt, dass durch markerloses Tracking von spezifischen Gelenkbewegungen in den meisten Gelenken gute Ergebnisse erreicht werden können. Um sehr gute Ergebnisse in allen Gelenkwinkeln zu erreichen, wird ein Hybrid-Tracking mit ein paar zusätzlichen Markern/Markierungen benötigt um das Silhouetten-Tracking zu unterstützen. Dies ist besonders für Segmente, bei denen sich die Silhouette während einer Rotation kaum ändert der Fall. Es wurde gezeigt, welche Marker für spezifische Gelenkbewegungen notwendig sind um die Ergebnisse zu verbessern. Bei Durchführen eines hybriden Trackings mit 15 Markern anstelle eines marker-basierten Trackings mit einem Ganzkörper-Markerset mit 37 Markern werden vergleichbare Inverse Kinematik-Daten erhalten. In dieser Studie wurden nur Marker, die im marker-basierten Tracking benutzt wurden, für das Hybrid-Tracking getestet. Verschiedene Markerplatzierungen könnten in weiteren Studien untersucht werden.