

Scharhag-Rosenberger F^{1*}, Becker T^{2*}, Streckmann F^{3*}, Schmidt K^{4*}, Berling A⁵, Bernardi A⁴, Engeroff T⁴, Exner AK^{6,7}, Gutekunst K⁴, Hofmeister D⁸, Jensen W⁹, Kähnert H⁶, Kneis S¹⁰, Limbach M¹¹, Mau-Möller A¹², Röcker K^{11,13}, Schmidt ME¹, Schmidt T¹⁴, Stöckel T¹⁵, Wehrle A¹¹, Wiskemann J¹, Zimmer P³, Zopf E³, Steindorf K¹

* Geteilte Erstautorenschaft

Studien zu körperlichem Training bei onkologischen Patienten: Empfehlungen zu den Erhebungsmethoden

Recommendations for Assessment Methods for Exercise Trials with Cancer Patients

¹AG Bewegung und Krebs, Abteilung Präventive Onkologie, Nationales Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg/Deutsches Krebsforschungszentrum, und Abteilung Medizinische Onkologie, NCT Heidelberg/Universitätsklinikum Heidelberg; ²Lehrstuhl Training und Gesundheit, Institut für Sportwissenschaft, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; ³AG Bewegung, Sport und Krebs, Abteilung Molekulare und zelluläre Sportmedizin, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Deutsche Sporthochschule Köln; ⁴Abteilung Sportmedizin, Goethe-Universität Frankfurt am Main; ⁵Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München; ⁶Abteilung Bad Salzungen, Institut für Rehabilitationsforschung Norderney; ⁷Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG Epidemiologie & International Public Health, Universität Bielefeld; ⁸Abteilung für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie, Universitätsklinikum Leipzig; ⁹II. Medizinische Klinik und Poliklinik für Onkologie, Hämatologie, KMT mit Sektion Pneumologie, Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf; ¹⁰Klinik für Innere Medizin I, Schwerpunkt Hämatologie, Onkologie und Stammzelltransplantation, Universitätsklinikum Freiburg; ¹¹Zentrale Einrichtung Bewegungsmedizin und Sport, Universitätsklinikum Freiburg; ¹²Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universitätsmedizin Rostock; ¹³Fakultät Gesundheit, Sicherheit, Gesellschaft, Hochschule Furtwangen; ¹⁴Krebszentrum Nord, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel; ¹⁵Institut für Sportwissenschaft, Universität Rostock

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung: In der Versorgung onkologischer Patienten wird körperliches Training zunehmend als wichtige supportive Therapie angesehen. Bisherige Studien haben ein breites Spektrum an Erhebungsmethoden für primäre und sekundäre Endpunkte verwendet. Um die Vergleichbarkeit und Qualität zukünftiger Studien zu verbessern, leitet diese Arbeit unter Berücksichtigung spezifischer Aspekte bei onkologischen Patienten konkrete Empfehlungen ab für die Erhebung der 1) Ausdauerleistungsfähigkeit, 2) Kraftleistungsfähigkeit, 3) koordinativen Leistungsfähigkeit sowie 4) für mittels Fragebögen erfasste Endpunkte. **Material und Methoden:** Basierend auf umfassenden Literaturrecherchen wurde der Fokus auf die wichtigsten Erhebungsmethoden in der nationalen und internationalen Forschung gelegt. Dabei wurde die Expertise möglichst vieler, in dem Bereich aktiv forschender Standorte in Deutschland einbezogen. **Ergebnisse:** Es konnten für alle vier Bereiche Konsensus-Empfehlungen erzielt werden. Dabei wurden auch möglicherweise unterschiedliche finanzielle Ressourcen der Forschungseinrichtungen sowie Aspekte der Trainingssteuerung beachtet. Es zeigte sich, dass einige Methoden für onkologische Patienten bereits gut untersucht sind, während andere empirisch noch wenig eingesetzt wurden. Zur Gewährleistung der Sicherheit der Methoden im onkologischen Setting wurden Kontraindikationen aufgezeigt. **Diskussion:** Eine stärkere Vereinheitlichung der Erhebungsmethoden in onkologischen Forschungsprojekten fördert die Studienqualität, hilft neuen Arbeitsgruppen sich gemäß aktueller Standards zu etablieren, und ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit und gemeinsame Bewertung der Ergebnisse. Zudem fördern die Empfehlungen eine Verbesserung der noch wenig erforschten Trainingssteuerung in der Onkologie. Somit tragen sie zu einer effizienteren Patientenversorgung bei, die das große Potenzial von Bewegung als supportive Therapie für onkologische Patienten noch umfassender ausschöpft.

Schlüsselwörter: Körperliche Leistungsfähigkeit, Kraft, Ausdauer, Koordinative Fähigkeiten, Fragebögen, Onkologie

SUMMARY

Introduction: Physical exercise has increasingly been recognized as important supportive therapy for cancer patients. Scientific studies applied a variety of methods for endpoint assessment. In order to improve comparability between studies, this paper provides recommendations for outcome assessment in the oncological setting. Discussed endpoints are (1) strength, (2) cardiorespiratory fitness, (3) postural control, and, in addition, (4) patient-reported outcomes (PROs). **Material/Methods:** Based on a comprehensive literature search, the most important assessment methods were focused. Thereby, the relevant expertise of as many German institutions as possible was incorporated. **Results:** Consensus was achieved for all four areas. The recommendations considered variations in financial resources between institutions. Furthermore, possibilities to derive training prescriptions were discussed where appropriate. Overall, it was observed that some methods were already well established for cancer patients whereas for others empirical knowledge is still limited. **Contraindications** were defined in order to ensure safety of the recommended methods for cancer patients. **Discussion:** Better standardization of assessment methods in oncological exercise research projects enhances study quality, helps new research groups to work with high standards, and enables better comparability and overall evaluation of results. In addition, the understudied field of exercise prescription in cancer patients was covered. Overall, the recommendations may contribute to more targeted and effective supportive care for cancer patients.

Key Words: Physical performance, strength, cardiorespiratory fitness, postural control, patient-reported outcomes, oncology

EINLEITUNG

Körperliches Training als supportive Therapie vor, während und nach der Behandlung einer Krebserkrankung wird zunehmend als wichtige Komponente der Versorgung von onkologischen Patienten angesehen (5,69,81). Es gibt jedoch noch zahlreiche offene Fragen, die gezielt und ressourcenorientiert in qualitativ hochwertigen wissenschaftlichen Studien zu erforschen sind (33). Bisherige Studien haben ein breites Spektrum an Erhebungsmethoden für primäre und sekundäre Endpunkte verwendet (24,54). Um die Vergleichbarkeit zukünftiger Ergebnisse zu verbessern, die Durchführung von Meta-Analysen und multizentrischen Studien zu erleichtern und somit auch die nationale und internationale Forschung in dem Bereich weiter zu stärken, liefert diese Arbeit einen Überblick zu den wichtigsten, derzeit verwendeten Instrumenten für die Erfassung verschiedener klinisch relevanter Endpunkte bei Erwachsenen. Unter Berücksichtigung spezifischer Aspekte bei onkologischen Patienten werden konkrete Empfehlungen abgeleitet

MATERIAL UND METHODEN

Die Arbeit basiert auf umfassenden Literaturrecherchen, stellt jedoch keinen systematischen Review dar. Der Fokus wurde auf die wichtigsten und am häufigsten eingesetzten Erhebungsmethoden in der nationalen und internationalen Forschung gelegt. Dabei wurde die Expertise möglichst vieler, in dem Bereich aktiv forschender Standorte in Deutschland einbezogen, um einen zukunftsfähigen Konsens zu erzielen. Spezifische nationale Aspekte wurden insbesondere für die Erhebung der PROs berücksichtigt, da diese in der Regel in deutscher Sprache erfolgt. Darüber hinaus wurden bei den Empfehlungen die möglicherweise unterschiedlichen finanziellen Ressourcen bzw. apparativen Ausstattungen der Forschungseinrichtungen berücksichtigt, und, wenn möglich, auch Aspekte der Trainingssteuerung einbezogen.

ERGEBNISSE

Empfehlungen zur Erhebung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit empfiehlt die Arbeitsgruppe in Übereinstimmung mit der internationalen Literatur eine maximale Fahrrad-Spiroergometrie sitzend (35,77). Als Testprotokoll wird ein Quasi-Rampenprotokoll vorgeschlagen, das unabhängig von der erwarteten Maximalleistung bei 20 Watt (W) beginnt und um 10 W/Minute gesteigert wird (61). Dieses liegt im Rahmen internationaler Empfehlungen für Patientenpopulationen (4) sowie von Testprotokollen, die bei onkologischen Patienten angewendet wurden (34,38). Die Trittfrequenz sollte innerhalb einer Person zwischen 60 und 80 Umdrehungen pro Minute (rpm) konstant gehalten werden. Der Test wird unter individuellem Anfeuern bis zur subjektiven Erschöpfung (Absinken der Trittfrequenz um ≥ 10 rpm über >15 Sekunden) oder dem Auftreten von Abbruchkriterien (siehe (4)) fortgesetzt. Der Abbruchgrund sollte protokolliert werden. Als Messverfahren zur Erhebung wissenschaftlicher Zielgrößen werden kontinuierliche Atemgasmessungen sowie die

für die Erhebung der (1) Ausdauerleistungsfähigkeit, (2) Kraftleistungsfähigkeit, (3) koordinativen Leistungsfähigkeit sowie (4) für mittels Fragebögen erfasste Endpunkte (Patient-reported Outcomes, PROs). Auf Schnelligkeit und Flexibilität als weitere Merkmale der Kondition wird wegen ihrer geringeren klinischen Relevanz nicht eingegangen. Um die sichere Durchführung der Methoden in der Praxis zu gewährleisten, werden zudem Kontraindikationen für das onkologische Setting aufgezeigt.

accepted: September 2014
 published online: November 2014
 DOI: 10.5960/dzsm.2014.148

Scharhag-Rosenberger F, Becker T, Streckmann F, Schmidt K, Berling A, Bernardi A, Engeroff T, Exner AK, Gutekunst K, Hofmeister D, Jensen W, Kähnert H, Kneis S1, Limbach M, Mau-Möller A, Röcker K, Schmidt ME, Schmidt T, Stöckel T, Wehrle A, Wiskemann J, Zimmer P, Zopf E, Steindorf K: Studien zu körperlichem Training bei onkologischen Patienten: Empfehlungen zu den Erhebungsmethoden. Dtsch Z Sportmed. 2014; 65: 304-313.

Tabelle 1: Empfohlene Messgrößen bei der Spiroergometrie und Ergometrie zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit in wissenschaftlichen Studien mit onkologischen Patienten (4,66,87). *Die zusätzlichen Rechengrößen wurden insbesondere im Hinblick auf eine gemeinsame Datenbank definiert. $\dot{V}O_{2peak}$ =maximale Sauerstoffaufnahme, P_{peak} =maximale Leistung; RPE=subjektives Belastungsempfinden, HR_{peak} =höchste Herzfrequenz, RER_{peak} =höchster Respiratorischer Quotient, bLa_{peak} =höchste Blutlaktatkonzentration, VT=Ventilatorische Schwelle, RCP=Respiratorischer Kompensationspunkt, IAT=individuelle anaerobe Schwelle, $\dot{V}O_2$ =Sauerstoffaufnahme; WR=Leistung; $\dot{V}E$ =Ventilation; $\dot{V}CO_2$ =Kohlendioxidabgabe; HR=Herzfrequenz.

Messgrößen Spiroergometrie	Messgrößen Ergometrie
Maximale Messgrößen	Maximale Messgrößen
- $\dot{V}O_{2peak}$ (höchster 30 s-Mittelwert)	- errechnete $\dot{V}O_{2peak}$ nach (43)
- P_{peak}	- P_{peak}
- RPE nach (11) für „Beine“, „Atmung“, „allgemein“	- RPE nach (11) für „Beine“, „Atmung“, „allgemein“
HR_{peak}	- HR_{peak}
RER_{peak}	- bei zusätzlicher Laktatdiagnostik: bLa_{peak}
bei zusätzlicher Laktatdiagnostik: bLa_{peak}	
Submaximale Messgrößen	Submaximale Messgrößen
- VT (V-Slope-Methode)	- HR-Leistungskurve für intraindividuelle Vergleiche (Medikation beachten)
- RCP ($\dot{V}E$ vs. $\dot{V}CO_2$ -Methode)	- bei zusätzlicher Laktatdiagnostik: IAT nach (20)
- bei zusätzlicher Laktatdiagnostik: IAT nach (20)	
Zusätzliche Rechengrößen*	
- Gross Efficiency nach (22)	
- $\Delta \dot{V}O_2/\Delta WR$	
- $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ -Slope unterhalb des RCP	

Abfrage des subjektiven Belastungsempfindens nach Borg (Skala von 6-20 (11)) vorgeschlagen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über empfehlenswerte Messgrößen. Zur medizinischen Überwachung dienen kontinuierliches EKG-Monitoring, Blutdruckmessungen

und Blickdiagnostik. Da Chemotherapien und thorakale Bestrahlung potenziell kardiotoxisch wirken, hat eine kardiologisch orientierte Überwachung besonderen Stellenwert. Ein qualifizierter Arzt muss in Rufnähe sein.

Steht kein Spiroergometrie-System zur Verfügung, wird zur Ausdauerleistungsdiagnostik eine maximale Fahrradergometrie sitzend nach identischem Belastungsprotokoll mit Herzfrequenzmessungen empfohlen (siehe Tabelle 1). Bei Ergometrien ohne EKG-Überwachung und Blutdruckkontrollen ist eine ärztliche Unbedenklichkeitsbescheinigung notwendig, um Risiken möglichst auszuschließen. Zudem muss die Testperson über den nichtmedizinischen Charakter der Untersuchung aufgeklärt werden.

Weitere häufig genutzte Ausdauertests sind Laufbandergometrien, Physical-Working-Capacity (PWC)-Tests und der 6-Minuten-Gehtest. Laufbandergometrien sind sinnvoll, wenn (z.B. nach einer Prostata-Operation) keine Fahrradergometrie durchgeführt werden kann. Zudem werden sie zur Ableitung von Trainingsempfehlungen (s. u.) für das Walking/Jogging verwendet (62). Zu beachten ist allerdings eine etwas höhere Sturzgefahr. PWC-Tests erscheinen nicht sinnvoll, da sie generell keine valide Aussage über die Ausdauerleistungsfähigkeit ermöglichen und die Herzfrequenz bei onkologischen Patienten häufig durch Medikamente beeinflusst ist. Der 6-Minuten-Gehtest zeigt bei relativ leistungsschwachen onkologischen Patienten ähnlich wie bei anderen Patientenkollektiven eine mittlere bis starke Korrelation mit der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_{2peak}$) und eine akzeptable Reliabilität (67). Allerdings ist die einzige erhobene Messgröße, die in 6-Minuten auf einer definierten Strecke zurückgelegte größtmögliche Gehdistanz, motivationsabhängig.

Die genannten Verfahren sind auch zur Ausdauertrainingssteuerung etabliert. So basieren die Trainingsvorgaben in internationalen Studien zumeist auf der $\dot{V}O_{2peak}$ oder anderen maximalen Messgrößen. Bei onkologischen Patienten ist die Ausdauertrainingssteuerung allerdings bislang kaum systematisch untersucht. Für Gesunde definierte Intensitätsklassifikationen in Prozent von maximalen Messgrößen oder der Herzfrequenz-Reserve (27) scheinen bei onkologischen Patienten unter Therapie etwas verschoben zu sein. Als individuellere Alternative kommen spiroergometrisch (siehe Tabelle 1) oder mittels Laktatdiagnostik bestimmte Schwellen in Betracht (23,47). Eine Laktatdiagnostik kann behelfsweise mit dem oben beschriebenen Quasi-Rampenprotokoll durchgeführt werden, um auch bei leistungsschwachen Testpersonen eine ausreichende Anzahl an Messwerten zu gewährleisten. Die (semi-) individuelle anaerobe Schwelle nach der „Basislaktat + 1 mmol-Methode“ (20) hat sich als gut reproduzierbar erwiesen (52). Als Untergrenze für wirksame Trainingsreize kann die Leistung an der ventilatorischen Schwelle (36,37) oder dem vergleichbaren Referenzpunkt im Laktatanstieg (lactate threshold nach Wasserman (87)) herangezogen werden. Als Obergrenze für Training nach der Dauerperiode ist eine Leistung etwas unterhalb der individuellen anaeroben Schwelle bzw. des (nicht immer eindeutig bestimmbar) Respiratorischen Kompensationspunkts denkbar, was jedoch bislang nicht in Studien mit onkologischen Patienten angewendet wurde. Für Intervalltraining, das ergänzend zu Training nach der Dauerperiode eingesetzt wurde, sind auch deutlich höhere Intensitäten beschrieben (37). Allerdings liegen bislang keine Studien zu reinem hochintensivem Intervalltraining (HIT) vor. Trainingsvorgaben aus der Fahrradergometrie können in Watt oder als Herzfrequenz angegeben werden, wobei bestimmte Therapieformen die

Wissenschaftliche Evaluation	Stationäre Dynamometrie	Zielgrößen
	Isokinetik: dynamische Kraftmessung mit apparativ konstant gehaltener Bewegungsgeschwindigkeit	Max. Drehmoment, Max. Arbeit
	Isometrik: statische Kraftmessung gegen unüberwindbaren Widerstand	Max. willentliche isometrische Kraft (MVIC)
	Mobile Dynamometrie	
	Hand-Held-Dynamometrie, Hand-Grip-Verfahren: statische Kraftmessung gegen unüberwindbaren Widerstand mit Hilfe eines portablen Dynamometers	Max. willentliche isometrische Kraft (MVIC)
	Technikunabhängige Verfahren	
	One-Repetition-Maximum (1RM): dynamische Kraftmessung; maximale Last, die während einer konzentrischen Bewegung nur einmal überwunden werden kann	Max. willentliche dynamische Kraft
	Hypothetisches One-Repetition-Maximum (h1RM): dynamische Kraftmessung; Berechnung des 1RM auf Grundlage einer realisierten Wiederholungszahl bei einer submaximalen Last	(hypothetische) max. willentliche dynamische Kraft
		Trainingssteuerung

Abbildung 1: Empfohlene Verfahren zur Bestimmung der Maximalkraft in wissenschaftlichen Studien. Die seitlichen Formen symbolisieren den präferierten Einsatzbereich der entsprechenden Verfahren.

Herzfrequenz beeinflussen können und daher mit Schwankungen zu rechnen ist.

Empfehlungen zur Erhebung der Kraftleistungsfähigkeit

Zur Erhebung der Kraftleistungsfähigkeit wurden in der Onkologie zahlreiche Endpunkte und Messmethoden eingesetzt. Eine Bewertung der verschiedenen Verfahren findet sich in Abbildung 1.

Die stationäre Dynamometrie ermöglicht eine umfassende und objektive Erhebung der isometrischen und/oder dynamischen Maximalkraft (13). Im Rahmen onkologischer Studien wurden isometrische Maximalkrafttests an stationären Dynamometern überwiegend für die Knieextensoren durchgeführt (6,63). Isokinetische Tests zur Messung der dynamisch-konzentrischen Maximalkraft fanden ebenfalls vorwiegend für die Knieextensoren (45,84) sowie bei Mammakarzinompatientinnen für die Schulterrotatoren (7,24,55) Anwendung. Das maximale Drehmoment als guter Indikator für die Maximalkraft (13) stellt dabei die zentrale Messgröße dar. Als kostengünstige und portable Alternativen zur stationären Dynamometrie bieten sich mobile Dynamometerverfahren an (10,75). Im onkologischen Setting wurden beispielsweise die Hand-Held-Dynamometrie zur isometrischen Maximalkraftmessung verschiedener Muskelgruppen (40,92) sowie das Hand-Grip-Verfahren zur isometrischen Handkraftmessung (63,70,89) eingesetzt. Die stationäre und die mobile Dynamometrie als objektive Messverfahren eignen sich aus Sicht der Arbeitsgruppe besonders zur Evaluation wissenschaftlicher Fragestellungen. Aufgrund der isometrischen bzw. isokinetischen Kontraktionsform sowie der erhobenen Messgrößen sind die dynamometrischen Testverfahren jedoch nur bedingt zur Trainingssteuerung geeignet (Abb. 1).

Testverfahren zur Erhebung des One-Repetition-Maximum (1RM), also der maximalen Last, die während einer definierten konzentrischen Bewegung genau einmal überwunden werden kann, wurden in Interventionsstudien mit Mamma- (68,89), Prostata- (26,29), Bronchial- (57) und Kopf-Hals-Karzinompatienten (46) angewendet. In den meisten Studien wurde das 1RM an der Beinpresse sowie beim Bankdrücken bzw. an der Brustpresse ermittelt (26,29,57,68,89). In einigen Studien kamen zusätzlich weitere Geräte bzw. Übungen für den 1RM-Test zum Einsatz (26,29,46,57). Neben der direkten Bestimmung des 1RM besteht die Möglichkeit, das sog. hypothetische 1RM (h1RM) auf der Grundlage eines Multiple-Repetition-Maximum (z.B. 8RM) anhand von Formeln oder Tabellen zu bestimmen. Für eine solche Berechnung bzw. Schätzung des h1RM wurden in bisherigen Studien in der Onkologie (2,19) überwiegend die Formeln von Brzycki (14) oder Lander (42) verwendet. Da diese und weitere Formeln bislang jedoch nicht für die Anwendung im onkologischen Setting evaluiert wurden, können diesbezüglich keine Empfehlungen ausgesprochen werden. Gene-

rell sind die Testverfahren zur Bestimmung des 1RM bzw. h1RM durch eine gute Praktikabilität gekennzeichnet (geringer Zeitaufwand, keine Messtechnik erforderlich). Darüber hinaus sind sie zur Trainingssteuerung geeignet. Allerdings halten die Autoren die Aussagekraft dieser Verfahren aufgrund großer Lern- und Anpassungsprozesse, einer hohen Ermüdungskomponente im Testverlauf sowie aufgrund fehlender methodischer Standardisierung (13) für eingeschränkt, so dass die Bestimmung des 1RM bzw. h1RM aus Sicht der Arbeitsgruppe nur dann zur wissenschaftlichen Evaluation eingesetzt werden sollte, wenn keine dynamometrischen Methoden zur Verfügung stehen (Abb. 1).

Die Kraftausdauerleistungsfähigkeit wurde in Interventionsstudien im onkologischen Setting vergleichsweise selten erhoben. In den wenigen vorliegenden Studien zeigte sich hinsichtlich des methodischen Vorgehens ein heterogenes Bild: Während der Kraftausdauererprobung in einer Studie standardmäßig mit einem festgelegten Testgewicht durchgeführt wurde (73), orientierten sich andere Autoren am zuvor ermittelten individuellen 1RM der Pa-

Tabelle 2: Empfehlungen für die Durchführung und Auswertung einzelner Tests der koordinativen Leistungsfähigkeit für wissenschaftliche Untersuchungen mit onkologischen Patienten.

Testverfahren	Durchführung	Parameter
Statische posturale Kontrolle (Center of Pressure-Messung)	<ul style="list-style-type: none"> – Versuchsdauer: 30 s (53) – Versuchsanzahl Familiarisierung: 1 – Versuchsanzahl Test: 3 (53, 64) – Untersuchungsbedingung abhängig vom Patientenkollektiv: Bipedal-, Monopedal-, Tandemstand; stabile, instabile, perturbierte Unterstützungsfläche; Augen offen, geschlossen; Kopf im Nacken; Dual-Task-Aufgabe (kognitiv, motorisch) – Referenzbedingung: Bipedalstand mit offenen und geschlossenen Augen – standardisierte Ansagen – ohne Schuhe – Monopedalstand einseitig: Standbein ermitteln und testen (86) 	<ul style="list-style-type: none"> Mittelwert aus 3 Testversuchen: – Schwankungsweg/-geschwindigkeit (gesamt, anterior-posterior, medial-lateral in mm/(s)) Geschwindigkeit in ml-Richtung ist bester Prädiktor für das Sturzrisiko (60) – Schwankungsfrequenz (Hz) – Schwankungsfläche (mm²) – Zeit (s) – Fehlversuche (n)
Dynamische posturale Kontrolle (Ganganalyse) (31, 41)	<ul style="list-style-type: none"> – Gangstrecke: 10 m oder 6 Schrittzyklen (+2 m vor/nach); – Versuchsanzahl Familiarisierung: 1 – Ganggeschwindigkeit: langsam, normal, maximal – mit geschlossenen Alltagsschuhen – ruhiger, geschlossener Raum – indirektes Licht 	<ul style="list-style-type: none"> – spatiotemporale Parameter (s, cm, CV%)
Klinische Tests		
Timed up and go Test (8)	<ul style="list-style-type: none"> – Ausgangsposition: Patient sitzt auf einem Stuhl mit Armlehne – Test: nach Aufforderung aufstehen, 3 m gehen, umkehren, zurückgehen und hinsetzen – Gehhilfen erlaubt – Hilfe durch Personen nicht erlaubt 	<ul style="list-style-type: none"> Erfassung der Gesamtdauer: < 10 s – keine Einschränkung 11-19 s – leichte Einschränkung 20-29 s – relevante Einschränkung >30 s starke Einschränkung
Chair-rising-Test (8)	<ul style="list-style-type: none"> – Ausgangsposition: Patient sitzt auf einem Stuhl mit verschränkten Armen – Test: 5 x aufstehen und hinsetzen ohne Einsatz der Arme – Hilfe durch Personen oder Hilfsmittel nicht erlaubt 	<ul style="list-style-type: none"> Erfassung der Gesamtdauer: <11 s – unauffällig >11 s – auffällig
Stair-climbing-Test (8)	<ul style="list-style-type: none"> – Ausgangsposition: Patient steht an einer Treppe – Test: Treppe hochsteigen und herabsteigen – Gehhilfen erlaubt – Hilfe durch Personen nicht erlaubt 	<ul style="list-style-type: none"> – Erfassung der Dauer (s) für eine festgelegte Stufenanzahl (z. B. 3, 4 oder 9 Stufen) – Erfassung der Stufenzahl, die in einem bestimmten Zeitintervall gegangen werden
Berg Balance Scale (76)	<ul style="list-style-type: none"> – Abfolge alltagsrelevanter Aufgaben (z. B. Stehen, Sitzen, Gegenstand aufheben) – Hilfe teilweise erlaubt 	<ul style="list-style-type: none"> – Erfassung eines Gesamt-Scores – Bewertung der Items (Skala 1-4)
Short Physical Performance Battery (SPPB) (44)	<ul style="list-style-type: none"> – Abfolge alltagsrelevanter Aufgaben (z.B. Stehen, Gehen, Aufstehen vom Stuhl) – Hilfe teilweise erlaubt 	<ul style="list-style-type: none"> – Erfassung eines Gesamt-Scores – Bewertung der einzelnen Aufgaben

tienten (26,29,46). Weitere Gruppen berücksichtigten bei der Bestimmung des Testgewichts das Alter und das Körpergewicht des jeweiligen Patienten (30,70). Basierend auf der derzeitigen Studienlage können hinsichtlich des methodischen Vorgehens keine Empfehlungen ausgesprochen werden, jedoch hält die Arbeitsgruppe die Erfassung von Kraftausdauerparametern aufgrund der Alltagsrelevanz und vor dem Hintergrund spezieller Fragestellungen für angebracht.

Zur Ermittlung der funktionellen Kapazität der unteren Extremitäten wurden in onkologischen Studien verschiedene Variationen von Chair-Rising- (26,30,89) und Stair-Climbing-Tests (29,45) durchgeführt. Der Einsatz derartiger funktioneller Tests wird von der Arbeitsgruppe als sinnvoll erachtet, insbesondere bei älteren Patienten und in Settings, in denen keine anderen Messmethoden zur Verfügung stehen (z.B. Klinik) oder eingesetzt werden dürfen (z.B. Rehabilitationssport).

Empfehlungen zur Erhebung der koordinativen Leistungsfähigkeit

Erkrankungs- und therapiebedingte strukturelle und funktionelle Veränderungen können bei onkologischen Patienten zu einer Dysfunktion des neuromuskulären und posturalen Systems und damit zu Einschränkungen der Alltagsaktivitäten sowie einem erhöhten Sturzrisiko führen (15,78,80,85,91). Daher rückte in der Onkologie die Analyse der posturalen Kontrolle im Stand und Gang in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen. Sie wurde in mehr als 50 Studien bei unterschiedlichen onkologischen Indikationen mittels apparativer Diagnostik oder klinischen Tests analysiert. Die Studien variieren jedoch hinsichtlich der Methodik, Untersuchungsdurchführung und Parameterwahl.

Die posturale Kontrolle ist eine komplexe motorische Fähigkeit, die auf der Interaktion von multiplen sensorischen Prozessen mit dem motorischen System basiert (32). Die aktive Körperausrichtung in Bezug auf Gravitation, Unterstützungsfläche, visuelle Umgebung und interne Referenzen beruht primär auf der Interpretation konvergenter sensorischer Informationen vom somatosensorischen, visuellen und vestibulären System (51). Die Messung der statischen posturalen Kontrolle erfolgte i.d.R. auf einer am Boden liegenden Kraftmessplatte, welche die Trajektorie des Druckmittelpunktes (center of pressure, CoP) über der Standfläche in medio-lateraler und anterior-posteriorer Richtung erfasst. Die Untersuchungsbedingungen (z.B. Bipedal-, Monopodalstand; Augen offen, geschlossen; stabiler, instabiler Untergrund; Perturbation der Unterstützungsfläche), Untersuchungsdurchführung (Versuchsanzahl, Versuchsdauer, Pausenzeit) und Parameterwahl (Schwankungsfrequenz, -weg, -fläche; Zeit im Monopodalstand) variieren zwischen den Studien (50,78,82,85).

Die dynamische posturale Kontrolle wurde in der Mehrzahl der Studien mittels einer Ganganalyse untersucht, wobei primär die bevorzugte Ganggeschwindigkeit analysiert wurde. Die Gehstrecke variierte zwischen 4,3-20 Metern (15,39,44,50,90,91). Eine umfassende Ganganalyse mit der Bestimmung von weiteren räumlich-zeitlichen Gangparametern und deren Variabilität wurde nur selten durchgeführt (65).

Für die Untersuchung der funktionellen Leistungsfähigkeit in Alltagssituationen wurden u.a. folgende klinische Tests verwendet: Timed-up-and-go Test (TUG) (85), Stair-climbing-Test (SCT) (44), Chair-rising-Test (CRT) (25), Berg Balance Scale (83) und Short

Physical Performance Battery (SPPB) (15,17,44,90). Einige davon wurden bereits im Abschnitt Kraftleistungsfähigkeit erwähnt. Die Tests überprüfen komplexe Anforderungsprofile von alltagsnahen Bewegungsabläufen (z.B. Stehen, Gehen, Treppensteigen, Aufstehen und Hinsetzen) und erfassen daher Modulationen der Bewegungskoordination, Muskelkraft und Ausdauer. Diese klinischen Funktionalitätstests sind mit einem überschaubaren materiellen, personellen und zeitlichen Aufwand durchführbar und werden deshalb häufig im Kontext von perioperativen Screenings oder als Teiluntersuchung bei einer umfangreichen Erfassung der Leistungsfähigkeit in funktionellen Situationen verwendet.

Die derzeitigen Empfehlungen der Arbeitsgruppe zur Evaluation der statischen und dynamischen posturalen Kontrolle sowie der funktionellen Leistungsfähigkeit bei onkologischen Patienten sind in Tabelle 2 aufgelistet. Ganganalysen für die klinische Anwendung sollten gemäß den Empfehlungen für ältere Erwachsene von Kressig et al. und Hollman et al. erfolgen (31,41). Für die Durchführung der klinischen Funktionalitätstests TUG, SCT und CRT empfiehlt die Arbeitsgruppe eine Orientierung an den Richtlinien von Bennel et al. (8). Die Auswahl der Testverfahren ist abhängig von der zu untersuchenden Fragestellung sowie der apparativen Ausstattung. Falls vorhanden, ist die objektive, apparative Diagnostik den einfachen klinischen Tests vorzuziehen.

Empfehlungen zur Erhebung von Endpunkten mittels Fragebögen (PROs)

Mit etwa zwei Drittel aller primären Endpunkte in bewegungsbezogenen Interventionsstudien stellen subjektive Parameter wie z.B. Fatigue, Schmerzen und Lebensqualität als PROs die häufigsten Endpunkte dar (33,54). Die Erfassung von PROs erfolgt i.d.R. als fragebogenbasierte Selbstdokumentation des Patienten, da entsprechende Parameter nicht oder nur eingeschränkt objektiv messbar sind. Das Spektrum an PROs ist vielfältig und umfasst sowohl allgemeine und krankheitsspezifische, physische und psychosoziale Aspekte als auch Aktivitätsstatus und -historie onkologischer Patienten.

Die Arbeitsgruppe konnte in einer strukturierten Zusammenstellung der Fragebögen, die bislang in Deutschland im Kontext Bewegung und Krebs eingesetzt wurden, mehr als 60 krebspezifische und allgemeine Erhebungsinstrumente identifizieren. Je nach Ausdifferenzierung, Item-Anzahl und Zielstellung liefern die Fragebögen entweder allgemeine und übergreifende oder sehr differenzierte und spezifische Informationen. Die Instrumente lassen sich unterschiedlichen Bereichen (Lebensqualität, Fatigue, physische Aspekte, psychosoziale Aspekte, körperliche Aktivität) zuordnen. Während sich für manche Bereiche, wie z.B. die Lebensqualität, bestimmte krebspezifische und für mehrere Sprachen validierte Fragebögen zunehmend durchsetzen, finden in anderen Bereichen häufig allgemeine Instrumente oder Eigenkonstruktionen Verwendung.

Eine standardisierte Erfassung verschiedener Domänen der Lebensqualität ermöglicht bspw. der Quality of Life Questionnaire (1) der European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC QLQ-C30) inklusive optional verwendbarer entitätsspezifischer Module. Publierte Referenzwerte für gesunde Personen und onkologische Patienten (18,72) bieten zudem Möglichkeiten zur Bewertung der Resultate.

Für die Fatigue-Symptomatik können numerische Rating-Skalen eine anwendungsorientierte Option für ein Screening oder

Tabelle 3: Empfehlenswerte Fragebögen zur Fatigue-Erhebung in wissenschaftlichen Untersuchungen mit onkologischen Patienten. n=Stichprobengröße.

Fragebogen (Akronym)	Items	Dimensionen	Einsatz	Methodische Aspekte	Referenzen
Multidimensional Fatigue Inventory (MFI 20)	20	Allgemein, Physisch, Mental, Verminderte Motivation, Verminderte Aktivität	International	Deutsche Version validiert Alters- und geschlechtsdifferenzierte Referenzwerte für die deutsche Allgemeinbevölkerung vorhanden (n= 2037, Alter: 14–92 Jahre)	(71, 74)
Fatigue Assessment Questionnaire (FAQ)	20	Allgemein, Physisch, Affektiv, Kognitiv, Schlafqualität	National	In Deutsch entwickelt und validiert Alters- und geschlechtsdifferenzierte Referenzwerte für die deutsche Allgemeinbevölkerung vorhanden (n=2441, Alter: 14–92 Jahre) International unbekannt (keine Übersetzung in andere Sprachen vorhanden)	(9, 28)
Brief Fatigue Inventory (BFI)	9	Allgemein, Affektiv, Kognitiv, Wahrnehmung, Soziale Funktion	International	Deutsche Version validiert	(59)
European Organisation for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire Fatigue Modul 13 (EORTC QLQ-FA13)	13	Allgemein, Physisch, Emotional, Kognitiv	Neu entwickelt International	Validierungsphase noch nicht abgeschlossen In klinischen Studien bereits einsetzbar	(88)

die Erfassung der allgemeinen Fatigue darstellen (49). Multidimensionale Fragebögen, wie z.B. der Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) (74) oder der speziell in Deutsch entwickelte Fatigue Assessment Questionnaire (FAQ) (9,28), ermöglichen demgegenüber die differenzierte Berücksichtigung der unterschiedlichen Dimensionen von Fatigue auf physischer, emotionaler und kognitiver Ebene. Die von der Arbeitsgruppe als empfehlenswert eingestuften Fragebögen zur Fatigue-Erhebung sowie ausgewählte methodische Aspekte sind in Tabelle 3 dargestellt. Ein neuer, noch nicht vollständig validierter Fatigue-Fragebogen der EORTC wurde als aussichtsreiches zukünftiges Instrument bereits mit aufgenommen. Für die anderen hier erwähnten PROs wurden vergleichbare Übersichten erstellt, die auf Anfrage gerne zur Verfügung gestellt werden.

Die Erfassung psychosozialer Aspekte beruht vorwiegend auf allgemeinen Instrumenten. Erste Vergleichsdaten aus nationalen Interventionsstudien mit Krebspatienten liegen für spezifische Fragebögen in folgenden Domänen vor: Kontrollüberzeugung, Demoralisation, Stimmung, Depressivität, Ängstlichkeit, psychosoziale Belastung, soziale Unterstützung und Barrieren.

Die Instrumente hinsichtlich physischer Aspekte, überwiegend allgemeine Fragebögen oder Eigenkonstruktionen, beziehen sich u.a. auf die körperliche Leistungs-/Funktionsfähigkeit, Schmerz und spezifische Symptomatiken wie z.B. periphere Polyneuropathien. Neben visuellen Analog- und numerischen Ratingskalen (48) findet zur Erfassung von Schmerzen z.B. das Brief Pain Inventory (BPI) (58) Anwendung. Die Dokumentation der peripheren Polyneuropathie als PRO ist bspw. mittels des krebstypischen und validierten Instrumentes Functional Assessment of Cancer Therapy/Gynecologic Oncology Group-Neurotoxicity (FACT-GOG-NTX) (16) möglich.

Im Rahmen der fragebogenbasierten Dokumentation körperlicher und sportlicher Aktivitäten sollten die Häufigkeit, Intensität und Dauer der Aktivitäten in den verschiedenen Domänen (inkl. Arbeit, Transport, Haushalt und Freizeit) Berücksichtigung finden. Dies ist von Relevanz, um differenzierte Informationen hinsichtlich Aktivitäts- und Trainingscharakteristika sowie -adhärenz zu gewinnen. Für eine strukturierte Selbstdokumentation des Anstrengungsempfindens bzw. der Trainingsintensität kann z.B. die Borg-Skala (11) eine Orientierung bieten. Dabei ist zu berücksich-

tigen, dass die fragebogenbasierte Erhebung des Aktivitätsverhaltens oftmals Ungenauigkeiten beinhaltet (3,56). Messverfahren wie z.B. Akzelerometer können objektive Informationen zum aktuellen Aktivitätsverhalten liefern, sind jedoch selber mit Messfehlern und praktischen Limitationen behaftet (12).

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Auswahl eines geeigneten Instruments von der konkreten Studiensituation abhängt. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, eine Evaluation der Lebensqualität mittels EORTC QLQ-C30, ggf. ergänzt durch die entitätsspezifischen EORTC Module, als zentralen Parameter im onkologischen Patientenmanagement in allen wissenschaftlichen Untersuchungen zu berücksichtigen und bedarfsorientiert mit weiteren Instrumenten zu ergänzen. Die Selektion sollte u.a. die Fragestellung, die angestrebte Präzision der Aussage (übergreifende, grobe Kategorisierung vs. differenzierte Erhebung), die Zielgruppe und die Gütekriterien (Reliabilität und Validität) sowie die Existenz von Vergleichs- oder Referenzwerten für die Zielpopulation berücksichtigen.

Empfehlungen zur Gewährleistung der Sicherheit, zu Testintervallen und Standardisierung der Testverfahren

Für die dargestellten Kraft-, Ausdauer- und Koordinationstests gelten die üblichen Kontraindikationen und Abbruchkriterien (4,21,79). Speziell für onkologische Patienten wurden zusätzliche Kontraindikationen für körperliches Training formuliert (5,69), von denen die in Tabelle 4 zusammengefasst auf Belastungsuntersuchungen übertragbar erscheinen und daher generell ergänzend empfohlen werden. Zudem sollte im Einzelfall beurteilt werden, ob weitere Risiken bei der Durchführung von Belastungsuntersuchungen bestehen (z.B. Hirndruckgefahr bei Hirntumorpatienten). Diese bedingten Kontraindikationen können hier nicht vollständig aufgeführt werden. In der Regel sollte der behandelnde bzw. studienbetreuende Arzt die Entscheidung zur Durchführung von Belastungsuntersuchungen übernehmen (4,21,79).

Der Zeitpunkt des Eingangstests und die Testintervalle sollten sich neben den zu erwartenden Trainingseffekten ggf. auch an der onkologischen Therapie orientieren. Übliche Testintervalle von z. B. drei Monaten können modifiziert werden, um relevante Zeitpunkte im Behandlungsverlauf abzubilden.

Wie bei wissenschaftlichen Fragestellungen üblich, sollten alle Erhebungen standardisiert und von geschultem Personal durchgeführt werden. Hierzu gehören u.a. konsistente Einführungen, Anweisungen und Studienprotokolle. Bei den Belastungsuntersuchungen ist zudem auf sorgfältig kalibrierte Testgeräte und ggf. eine angemessene Aufwärmung zu achten (4,21,79).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wurden praxisorientierte Empfehlungen zur Erhebung wesentlicher Endpunkte für wissenschaftliche Studien im Bereich Sport- und Bewegungstherapie für onkologische Patienten präsentiert. Dabei zeigte sich, dass einige Methoden auch für dieses Patientenkollektiv bereits gut untersucht sind. Andere erwiesen sich als weniger empirisch überprüft, sodass die Empfehlungen sich derzeit noch an vergleichbaren Kollektiven orientieren müssen. Eine stärkere Vereinheitlichung der Erhebungsmethoden in nationalen und internationalen Forschungsprojekten im Bereich der onkologischen Bewegungstherapie fördert die Studienqualität, hilft neuen Arbeitsgruppen des noch recht jungen Forschungsfeldes, sich gemäß aktueller Standards zu etablieren, und ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit und gemeinsame Bewertung der Ergebnisse. Für einzelne Bereiche, wie z.B. die Ausdauerleistungsfähigkeit, ist die Erstellung einer deutschlandweiten Datenbank auf der Basis der hier entwickelten Bewertungen geplant. Zudem fördern die Empfehlungen die Verbesserung der noch wenig erforschten Trainingssteuerung im Bereich der onkologischen Therapie. Somit tragen sie zu einer gezielteren und besseren Patientenversorgung bei, die das große Potenzial von Bewegung als supportive Therapie für onkologische Patienten noch umfassender ausschöpfen kann.

Danksagung

Diese Arbeit ist aus einer Initiative der Arbeitsgruppe Körperliche Aktivität und Krebs (Leitung: Karen Steindorf, Heidelberg) als Teil der AG Prävention und Integrative Onkologie (PRIO) der Deutschen Krebsgesellschaft e.V. hervorgegangen. Die Gesamtkoordination des Projekts lag bei der Arbeitsgruppen-Leitung. Die einzelnen Abschnitte wurden wie folgt koordiniert (K) und verfasst:

- Ausdauerleistungsfähigkeit: Friederike Scharhag-Rosenberger (K), Anika Berling, Andreas Bernardi, Matthias Limbach, Kai Röcker und Thorsten Schmidt
- Kraftleistungsfähigkeit: Tim Becker (K), Katrin Gutekunst, Thorsten Schmidt, Anja Wehrle, Joachim Wiskemann und Philipp Zimmer
- Koordinative Leistungsfähigkeiten: Fiona Streckmann (K), Tobias Engeroff, Sarah Kneis, Anett Mau-Möller und Tino Stöckel
- Patient-reported Outcomes: Katharina Schmidt (K), Anne-Kathrin Exner, Dirk Hofmeister, Wiebke Jensen, Heike Kähnert, Martina Schmidt, Karen Steindorf und Eva Zopf

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

Tabelle 4: Zusätzliche Kontraindikationen für Belastungsuntersuchungen speziell bei onkologischen Patienten (in Anlehnung an (5, 69)) .

Kontraindikationen
- innerhalb 24 h nach Chemotherapie
- bei Thrombopenie mit einer Thrombozytenzahl <20.000 / μ l
- bei akuten Blutungen oder starker Blutungsneigung (unabhängig von der Thrombozytenzahl)
- bei frischer Thrombose oder Embolie
- bei starker Übelkeit/Erbrechen, starken Schmerzen oder starkem Schwindel
- bei Fieber (Körpertemperatur >38 °C) oder akutem Infekt
- bei nicht abgeschlossener Wundheilung (Kontraindikation für lokale Belastung der betroffenen Struktur und Ganzkörperbelastung)
- bei Knochenmetastasen oder Osteolysen, die stabilitätsgefährdend sind oder deren Stabilität unklar ist (Kontraindikation für lokale Belastung der betroffenen Struktur)
- bei schwerwiegenden akuten neurologischen Störungen
- wenn der Patient die Belastungsuntersuchung ablehnt

LITERATUR

1. AARONSON NK, AHMEDZAI S, BERGMAN B, BULLINGER M, CULL A, DUEZ NJ, FILIBERTI A, FLECHTNER H, FLEISHMAN SB, DE HAES JCJM, KAASA S, KLEE M, OSOBA D, RAZAVI D, ROFE PB, SCHRAUB S, SNEEUW K, SULLIVAN M, TAKEDA F. The European Organization for Research and Treatment of Cancer QLQ-C30: A Quality-of-Life Instrument for Use in International Clinical Trials in Oncology. *J Natl Cancer Inst.* 1993;85:365-376. doi:10.1093/jnci/85.5.365
2. ADAMSEN L, QUIST M, MIDTGAARD J, ANDERSEN C, MOLLER T, KNUTSEN L, TVETERAS A, RORTH M. The effect of a multidimensional exercise intervention on physical capacity, well-being and quality of life in cancer patients undergoing chemotherapy. *Support Care Cancer.* 2006;14:116-127. doi:10.1007/s00520-005-0864-x
3. AINSWORTH BE. How do I measure physical activity in my patients? Questionnaires and objective methods. *Br J Sports Med.* 2009;43:6-9. doi:10.1136/bjism.2008.052449
4. AMERICAN THORACIC SOCIETY/AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167:211-277. doi:10.1164/rccm.167.2.211
5. BAUMANN F, JÄGER E, BLOCH W, EDS. Sport und körperliche Aktivität in der Onkologie. Berlin/Heidelberg: Springer; 2012.
6. BAUMANN FT, KRAUT L, SCHULE K, BLOCH W, FAUSER AA. A controlled randomized study examining the effects of exercise therapy on patients undergoing haematopoietic stem cell transplantation. *Bone Marrow Transplant.* 2010;45:355-362. doi:10.1038/bmt.2009.163
7. BAUMANN FT, LESKAROSKI A, HARBECK N, BLOCH W. Auswirkungen eines dreimonatigen Krafttrainings auf ausgewählte physiologische, psychische und kognitive Parameter bei Mammakarzinompatientinnen während der Chemotherapie. *Dtsch Z Sportmed.* 2011;62:207.
8. BENNELL K, DOBSON F, HINMAN R. Measures of physical performance assessments: Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Chair Stand Test (CST), Timed Up & Go (TUG), Sock Test, Lift and Carry Test (LCT), and Car Task. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2011;63(Suppl 11):S350-S370. doi:10.1002/acr.20538
9. BEUTEL ME, HINZ A, ALBANI C, BRAHLER E. Fatigue Assessment Questionnaire: Standardization of a Cancer-Specific Instrument Based on the General Population. *Oncology.* 2006;70:351-357. doi:10.1159/000098108
10. BOHANNON RW. Hand-held dynamometry: A practicable alternative for obtaining objective measures of muscle strength. *Isokinet Exerc Sci.* 2012;20:301-315.
11. BORG G. Borg's Perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics; 1998. viii, 104 p.

12. **BRODERICK JM, RYAN J, O'DONNELL DM, HUSSEY J.** A guide to assessing physical activity using accelerometry in cancer patients. *Support Care Cancer*. 2014;22:1121-1130. doi:10.1007/s00520-013-2102-2
13. **BROWN LE, WEIR JP.** ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2001;4:1-21.
14. **BRZYCKI M.** Strength testing - predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *J Phys Educ, Recreat Dance*. 1993;64:88-90. doi:10.1080/07303084.1993.10606684
15. **BYLOW K, DALE W, MUSTIAN K, STADLER WM, RODIN M, HALL W, LACHS M, MOHILE SG.** Falls and physical performance deficits in older patients with prostate cancer undergoing androgen deprivation therapy. *Urology*. 2008;72:422-427. doi:10.1016/j.urology.2008.03.032
16. **CALHOUN EA, WELSHMAN EE, CHANG CH, LURAIN JR, FISHMAN DA, HUNT TL, CELLA D.** Psychometric evaluation of the Functional Assessment of Cancer Therapy/Gynecologic Oncology Group-Neurotoxicity (Fact/GOG-Ntx) questionnaire for patients receiving systemic chemotherapy. *Int J Gynecol Cancer*. 2003;13:741-748. doi:10.1111/j.1525-1438.2003.13603.x
17. **CESARI M, CERULLO F, ZAMBONI V, DI PALMA R, SCAMBIA G, BALDUCCI L, ANTONELLI INCALZI R, VELLAS B, GAMBASSI G.** Functional status and mortality in older women with gynecological cancer. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013;68:1129-1133. doi:10.1093/gerona/glt073
18. **COCKS K, KING MT, VELIKOVA G, MARTYN ST-JAMES M, FAYERS PM, BROWN JM.** Evidence-based guidelines for determination of sample size and interpretation of the European Organisation for the Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire Core 30. *J Clin Oncol*. 2011;29:89-96. doi:10.1200/JCO.2010.28.0107
19. **COURNEYA KS, SEGAL RJ, MACKAY JR, GELMON K, REID RD, FRIEDENREICH CM, LADHA AB, PROULX C, VALLANCE JK, LANE K, YASUI Y, MCKENZIE DC.** Effects of aerobic and resistance exercise in breast cancer patients receiving adjuvant chemotherapy: a multicenter randomized controlled trial. *J Clin Oncol*. 2007;25:4396-4404. doi:10.1200/JCO.2006.08.2024
20. **COYLE EF, MARTIN WH, EHSANI AA, HAGBERG JM, BLOOMFIELD SA, SINACORE DR, HOLLOSZY JO.** Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. *J Appl Physiol*. 1983;54:18-23.
21. **DAVIES G, ELLENBECKER T.** Application of isokinetics in testing and rehabilitation. In: Andrews J, Harrelson G, Wilk K, editors. *Physical rehabilitation of the injured athlete*. 4 ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012.
22. **ETTEMA G, LORAS HW.** Efficiency in cycling: a review. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106:1-14. doi:10.1007/s00421-009-1008-7
23. **FAUDE O, KINDERMANN W, MEYER T.** Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*. 2009;39:469-490. doi:10.2165/00007256-200939060-00003
24. **FONG SSM, NG SSM, LUK WS, CHUNG JW, CHUNG LM, TSANG WW, CHOW LP.** Shoulder mobility, muscular strength, and quality of life in breast cancer survivors with and without Tai Chi Qigong training. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013; 2013: 787169.
25. **GALVAO DA, NOSAKA K, TAAFFE DR, SPRY N, KRISTJANSON LJ, MCGUIGAN MR, SUZUKI K, YAMAYA K, NEWTON RU.** Resistance training and reduction of treatment side effects in prostate cancer patients. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:2045-2052. doi:10.1249/01.mss.0000233803.48691.8b
26. **GALVÃO DA, TAAFFE DR, SPRY N, JOSEPH D, NEWTON RU.** Combined resistance and aerobic exercise program reverses muscle loss in men undergoing androgen suppression therapy for prostate cancer without bone metastases: A randomized controlled trial. *J Clin Oncol*. 2010;28:340-347. doi:10.1200/JCO.2009.23.2488
27. **GARBER CE, BLISSMER B, DESCHENES MR, FRANKLIN BA, LAMONTE MJ, LEE IM, NIEMAN DC, SWAIN DP.** American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:1334-1359. doi:10.1249/MSS.0b013e318213fefb
28. **GLAUS A, MÜLLER S.** Messung der Müdigkeit bei Krebskranken im Deutschen Sprachraum: Die Entwicklung des Fatigue Assessment Questionnaires. *Pflege*. 2001;14:161-170. doi:10.1024/1012-5302.14.3.161
29. **HANSON ED, SHEAFF AK, SOOD S, MA L, FRANCIS JD, GOLDBERG AP, HURLEY BF.** Strength training induces muscle hypertrophy and functional gains in black prostate cancer patients despite androgen deprivation therapy. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013;68:490-498. doi:10.1093/gerona/gls206
30. **HERRERO F, SAN JUAN AF, FLECK SJ, BALMER J, PEREZ M, CANETE S, EARNEST CP, FOSTER C, LUCIA A.** Combined aerobic and resistance training in breast cancer survivors: A randomized, controlled pilot trial. *Int J Sports Med*. 2006;27:573-580. doi:10.1055/s-2005-865848
31. **HOLLMAN JH, MCDADE EM, PETERSEN RC.** Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. *Gait Posture*. 2011;34:111-118. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.03.024
32. **HORAK FB.** Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(Suppl 2):ii7-ii11. doi:10.1093/ageing/af077
33. **JONES LW, ALFANO CM.** Exercise-oncology research: past, present, and future. *Acta Oncol*. 2013;52:195-215. doi:10.3109/0284186X.2012.742564
34. **JONES LW, COURNEYA KS, MACKAY JR, MUSS HB, PITUSKIN EN, SCOTT JM, HORNSBY WE, COAN AD, HERNDON JE, DOUGLAS PS, HAYKOWSKY M.** Cardiopulmonary function and age-related decline across the breast cancer survivorship continuum. *J Clin Oncol*. 2012;30:2530-2537. doi:10.1200/JCO.2011.39.9014
35. **JONES LW, EVES ND, HAYKOWSKY M, JOY AA, DOUGLAS PS.** Cardiorespiratory exercise testing in clinical oncology research: systematic review and practice recommendations. *Lancet Oncol*. 2008;9:757-765. doi:10.1016/S1470-2045(08)70195-5
36. **JONES LW, EVES ND, SPASOJEVIC I, WANG F, IL'YASOVA D.** Effects of aerobic training on oxidative status in postsurgical non-small cell lung cancer patients: a pilot study. *Lung Cancer*. 2011;72:45-51. doi:10.1016/j.lungcan.2010.08.002
37. **JONES LW, PEDDLE CJ, EVES ND, HAYKOWSKY MJ, COURNEYA KS, MACKAY JR, JOY AA, KUMAR V, WINTON TW, REIMAN T.** Effects of presurgical exercise training on cardiorespiratory fitness among patients undergoing thoracic surgery for malignant lung lesions. *Cancer*. 2007;110:590-598. doi:10.1002/ncr.22830
38. **JONES LW, WATSON D, HERNDON JE, 2ND, EVES ND, HAITHCOCK BE, LOEWEN G, KOHMAN L.** Peak oxygen consumption and long-term all-cause mortality in nonsmall cell lung cancer. *Cancer*. 2010;116:4825-4832. doi:10.1002/ncr.25396
39. **KLEPIN HD, GEIGER AM, TOOZE JA, NEWMAN AB, COLBERT LH, BAUER DC, SATTERFIELD S, PAVON J, KRITCHEVSKY SB.** Physical performance and subsequent disability and survival in older adults with malignancy: results from the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc*. 2010;58:76-82. doi:10.1111/j.1532-5415.2009.02620.x
40. **KNOLS RH, DE BRUIN ED, UEBELHART D, AUFDEMKAPE G, SCHANZ U, STENNER-LIEWEN F, HITZ F, TAVERT A, AARONSON NK.** Effects of an outpatient physical exercise program on hematopoietic stem-cell transplantation recipients: a randomized clinical trial. *Bone Marrow Transplant*. 2011;46:1245-1255. doi:10.1038/bmt.2010.288
41. **KRESSIG RW, BEAUCHET O.** Guidelines for clinical applications of spatio-temporal gait analysis in older adults. *Aging Clin Exp Res*. 2006;18:174-176. doi:10.1007/BF03327437
42. **LANDER J.** Maximum based on reps. *National Strength & Conditioning Association Journal*. 1985; 60-61.
43. **LANG PB, LATIN RW, BERG KE, MELLION MB.** The accuracy of the ACSM cycle ergometry equation. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24:272-276. doi:10.1249/00005768-199202000-00019
44. **LITTERINI AJ, FIELER VK, CAVANAUGH JT, LEE JQ.** Differential effects of cardiovascular and resistance exercise on functional mobility in individuals with advanced cancer: a randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94:2329-2335. doi:10.1016/j.apmr.2013.06.008
45. **LONBRO S, DALGAS U, PRIMDAHL H, OVERGAARD J, OVERGAARD K.** Feasibility and efficacy of progressive resistance training and dietary supplements in radiotherapy treated head and neck cancer patients-the DAHANCA 25A study. *Acta Oncol*. 2013;52:310-318. doi:10.3109/0284186X.2012.741325
46. **MCNEELY ML, PARLIAMENT MB, SEIKALY H, JHA N, MAGEE DJ, HAYKOWSKY MJ, COURNEYA KS.** Effect of exercise on upper extremity pain

- and dysfunction in head and neck cancer survivors: A randomized controlled trial. *Cancer*. 2008;113:214-222. doi:10.1002/cncr.23536
47. MEYER T, LUCIA A, EARNEST CP, KINDERMANN W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - theory and application. *Int J Sports Med*. 2005;26:S38-S48. doi:10.1055/s-2004-830514
 48. NETWORK NCC. Adult Cancer Pain: National Comprehensive Cancer (NCC) Network Clinical Practice Guidelines in Oncology. Accessed, August 2014.
 49. NETWORK NCC. Cancer related fatigue: National Comprehensive Cancer (NCC) Network Clinical Practice Guidelines in Oncology. Accessed August 2014.
 50. NIEDERER D, SCHMIDT K, VOGT L, EGEN J, KLINGLER J, HUBSCHER M, THIEL C, BERNHORSTER M, BANZER W. Functional capacity and fear of falling in cancer patients undergoing chemotherapy. *Gait Posture*. 2013;39:865-869. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.11.014
 51. PETERKA RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*. 2002;88:1097-1118.
 52. PFITZINGER P, FREEDSON PS. The reliability of lactate measurements during exercise. *Int J Sports Med*. 1998;19:349-357. doi:10.1055/s-2007-971929
 53. PINSULT N, VUILLERME N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys*. 2009;31:276-286. doi:10.1016/j.medengphy.2008.08.003
 54. PINTO BM, FLOYD A. Methodologic issues in exercise intervention research in oncology. *Semin Oncol Nurs*. 2007;23:297-304. doi:10.1016/j.soncn.2007.08.006
 55. POTTHOFF K, SCHMIDT ME, WISKEMANN J, HOF H, KLASSEN O, HABERMANN N, BECKHOVE P, DEBUS J, ULRICH CM, STEINDORF K. Randomized controlled trial to evaluate the effects of progressive resistance training compared to progressive muscle relaxation in breast cancer patients undergoing adjuvant radiotherapy: the BEST study. *BMC Cancer*. 2013;13:162. doi:10.1186/1471-2407-13-162
 56. PRINCE SA, ADAMO KB, HAMEL ME, HARDT J, CONNOR GORBER S, TREMBLAY M. A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008;5:56. doi:10.1186/1479-5868-5-56
 57. QUIST M, RÖRTH M, LANGER S, JONES LW, LAURSEN JH, PAPPOT H, CHRISTENSEN KB, ADAMSEN L. Safety and feasibility of a combined exercise intervention for inoperable lung cancer patients undergoing chemotherapy: A pilot study. *Lung Cancer*. 2012;75:203-208. doi:10.1016/j.lungcan.2011.07.006
 58. RADBRUCH L, LOICK G, KIENCKE P, LINDENA G, SABATOWSKI R, GROND S, LEHMANN KA, CLEELAND CS. Validation of the German version of the Brief Pain Inventory. *J Pain Symptom Manage*. 1999;18:180-187. doi:10.1016/S0885-3924(99)00064-0
 59. RADBRUCH L, SABATOWSKI R, ELSNER F, EVERTS J, MENDOZA T, CLEELAND C. Validation of the German version of the brief fatigue inventory. *J Pain Symptom Manage*. 2003;25:449-458. doi:10.1016/S0885-3924(03)00073-3
 60. RAYMAKERS JA, SAMSON MM, VERHAAR HJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*. 2005;21:48-58. doi:10.1016/j.gaitpost.2003.11.006
 61. RÖCKER K. Die sportmedizinische Laktatdiagnostik: Technische Rahmenbedingungen und Einsatzbereiche. *Dtsch Z Sportmed*. 2013;64:367-371.
 62. RÖCKER K, STRIEGEL H, DICKHUTH HH. Heart-rate recommendations: transfer between running and cycling exercise? *Int J Sports Med*. 2003;24:173-178. doi:10.1055/s-2003-39087
 63. ROGERS LQ, HOPKINS-PRICE P, VICARI S, PAMENTER R, COURNEYA KS, MARKWELL S, VERHULST S, HOELZER K, NARITOKU C, JONES L, DUNNINGTON G, LANZOTTI V, WYNSTRA J, SHAH L, EDSON B, GRAFF A, LOWY M. A randomized trial to increase physical activity in breast cancer survivors. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:935-946. doi:10.1249/MSS.0b013e31818e0e1b
 64. RUHE A, FEJER R, WALKER B. The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions--a systematic review of the literature. *Gait Posture*. 2010;32:436-445. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.09.012
 65. SANDE TA, SCOTT AC, LAIRD BJ, WAN HI, FLEETWOOD-WALKER SM, KAASA S, KLEPSTAD P, MITCHELL R, MURRAY GD, COLVIN LA, FALLON MT. The characteristics of physical activity and gait in patients receiving radiotherapy in cancer induced bone pain. *Radiother Oncol*. 2014; 111:18-24. doi:10.1016/j.radonc.2013.10.023
 66. SCHARHAG-ROSENBERGER F, SCHOMMER K. Die Spiroergometrie in der Sportmedizin. *Dtsch Z Sportmed*. 2013;64:362-366.
 67. SCHMIDT K, VOGT L, THIEL C, JAGER E, BANZER W. Validity of the six-minute walk test in cancer patients. *Int J Sports Med*. 2013;34:631-636. doi:10.1055/s-0032-1323746
 68. SCHMITZ KH, AHMED RL, TROXEL A, CHEVILLE A, SMITH R, LEWIS-GRANT L, BRYAN CJ, WILLIAMS-SMITH CT, GREENE QP. Weight lifting in women with breast-cancer-related lymphedema. *N Engl J Med*. 2009;361:664-673. doi:10.1056/NEJMoa0810118
 69. SCHMITZ KH, COURNEYA KS, MATTHEWS C, DEMARK-WAHNEFRIED W, GALVAO DA, PINTO BM, IRWIN ML, WOLIN KY, SEGAL RJ, LUCIA A, SCHNEIDER CM, VON GRUENIGEN VE, SCHWARTZ AL, AMERICAN COLLEGE OF SPORTS M. American College of Sports M. American College of Sports Medicine roundtable on exercise guidelines for cancer survivors. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:1409-1426. doi:10.1249/MSS.0b013e3181e0c112
 70. SCHNEIDER CM, HSIEH CC, SPROD LK, CARTER SD, HAYWARD R. Cancer treatment-induced alterations in muscular fitness and quality of life: the role of exercise training. *Ann Oncol*. 2007;18:1957-1962. doi:10.1093/annonc/mdm364
 71. SCHWARZ R, KRAUSS O, HINZ A. Fatigue in the general population. *Oncologie*. 2003;26:140-144. doi:10.1159/000069834
 72. SCOTT NW, FAYERS PM, AARONSON NK, BOTTOMLEY A, GRAEFF AD, GROENVOLD M, GUNDY C, KOLLER M, PETERSEN MA, SPRANGERS MA, GROUP OBOTEQOL. EORTC QLQ-C30 Reference Values. Accessed August 2008.
 73. SEGAL RJ, REID RD, COURNEYA KS, MALONE SC, PARLIAMENT MB, SCOTT CG, VENNER PM, QUINNEY HA, JONES LW, D'ANGELO ME, WELLS GA. Resistance exercise in men receiving androgen deprivation therapy for prostate cancer. *J Clin Oncol*. 2003;21:1653-1659. doi:10.1200/JCO.2003.09.534
 74. SMETS EM, GARSSEN B, BONKE B, DE HAES JC. The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue. *J Psychosom Res*. 1995;39:315-325. doi:10.1016/0022-3999(94)00125-0
 75. STARK T, WALKER B, PHILLIPS JK, FEJER R, BECK R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM R*. 2011;3:472-479. doi:10.1016/j.pmrj.2010.10.025
 76. STEFFEN TM, HACKER TA, MOLLINGER L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther*. 2002;82:128-137.
 77. STEINS BISSCHOP CN, VELTHUIS MJ, WITTINK H, KUIPER K, TAKKEN T, VAN DER MEULEN WJ, LINDEMAN E, PEETERS PH, MAY AM. Cardiopulmonary exercise testing in cancer rehabilitation: a systematic review. *Sports Med*. 2012;42:367-379. doi:10.2165/11598480-000000000-00000
 78. STRECKMANN F, KNEIS S, LEIFERT JA, BAUMANN FT, KLEBER M, IHRST G, HERICH L, GRUSSINGER V, GOLLHOFER A, BERTZ H. Exercise program improves therapy-related side-effects and quality of life in lymphoma patients undergoing therapy. *Ann Oncol*. 2014;25:493-499. doi:10.1093/annonc/mdt568
 79. THOMPSON W, GORDON N, PESCATELLO L. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8 ed. Baltimore: Lipincott Williams & Wilkins; 2009p.
 80. TOFTHAGEN C, OVERCASH J, KIP K. Falls in persons with chemotherapy-induced peripheral neuropathy. *Support Care Cancer*. 2012;20:583-589. doi:10.1007/s00520-011-1127-7
 81. ULRICH CM, STEINDORF K, BERGER NA. Exercise, Energy Balance and Cancer. New York: Springer; 2013p.
 82. VAINIO A, OLLILA J, MATIKAINEN E, ROSENBERG P, KALSO E. Driving ability in cancer patients receiving long-term morphine analgesia. *Lancet*. 1995;346:667-670. doi:10.1016/S0140-6736(95)92281-4
 83. VASQUEZ S, GUIDON M, MCHUGH E, LENNON O, GROGAN L, BREATHNACH OS. Chemotherapy induced peripheral neuropathy: the modified

- total neuropathy score in clinical practice. *Ir J Med Sci.* 2014;183:53-58. doi:10.1007/s11845-013-0971-5
84. WALTMAN NL, TWISS JJ, OTT CD, GROSS GJ, LINDSEY AM, MOORE TE, BERG K, KUPZYK K. The effect of weight training on bone mineral density and bone turnover in postmenopausal breast cancer survivors with bone loss: A 24-month randomized controlled trial. *Osteoporos Int.* 2010;21:1361-1369. doi:10.1007/s00198-009-1083-y
85. WAMPLER MA, TOPP KS, MIASKOWSKI C, BYL NN, RUGO HS, HAMEL K. Quantitative and clinical description of postural instability in women with breast cancer treated with taxane chemotherapy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88:1002-1008. doi:10.1016/j.apmr.2007.05.007
86. WANG Z, NEWELL KM. Footedness exploited as a function of postural task asymmetry. *Laterality.* 2013;18:303-318. doi:10.1080/1357650X.2012.672423
87. WASSERMAN K, HANSEN JE, SUE DY, STRINGER WW, SIETSEMA KE, SUN XG, WHIPP BJ. *Principles of Exercise Testing and Interpretation.* 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012p.
88. WEIS J, ARRARAS JL, CONROY T, EFFICACE F, FLEISSNER C, GOROG A, HAMMERLID E, HOLZNER B, JONES L, LANCELEY A, SINGER S, WIRTZ M, FLECHTNER H, BOTTOMLEY A. Development of an EORTC quality of life phase III module measuring cancer-related fatigue (EORTC QLQ-FA13). *Psychooncology.* 2013;22:1002-1007. doi:10.1002/pon.3092
89. WINTERS-STONE KM, DOBEK J, BENNETT JA, NAIL LM, LEO MC, SCHWARTZ A. The effect of resistance training on muscle strength and physical function in older, postmenopausal breast cancer survivors: a randomized controlled trial. *J Cancer Surviv.* 2012;6:189-199. doi:10.1007/s11764-011-0210-x
90. WINTERS-STONE KM, LI F, HORAK F, LUOH SW, BENNETT JA, NAIL L, DIECKMANN N. Comparison of tai chi vs. strength training for fall prevention among female cancer survivors: study protocol for the GET FIT trial. *BMC Cancer.* 2012;12:577. doi:10.1186/1471-2407-12-577
91. WINTERS-STONE KM, TORGRIMSON B, HORAK F, EISNER A, NAIL L, LEO MC, CHUI S, LUOH SW. Identifying factors associated with falls in postmenopausal breast cancer survivors: a multi-disciplinary approach. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92:646-652. doi:10.1016/j.apmr.2010.10.039
92. WISKEMANN J, DREGER P, SCHWERTFEGER R, BONDONG A, HUBER G, KLEINDIENST N, ULRICH CM, BOHUS M. Effects of a partly self-administered exercise program before, during, and after allogeneic stem cell transplantation. *Blood.* 2011;117:2604-2613. doi:10.1182/blood-2010-09-306308

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Karen Steindorf
AG Bewegung und Krebs
Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFS)
Im Neuenheimer Feld 460
69120 Heidelberg
E-Mail: k.steindorf@dkfz.de