



Von den Ursprüngen der Trainingsperiodisierung bis zu den zahlreichen Trainingsmethoden, die es heute gibt – Timing war und ist der Schlüssel für ein produktives Krafttraining. Damit ein Krafttrainingsprogramm erfolgreich ist, muss auf strategisches Timing geachtet werden: wann und wie oft das Training stattfindet, wie lange ein Workout dauert, wie lange die Pausen innerhalb der einzelnen Sätze sind und sogar wie schnell die Muskeln kontrahieren. Obwohl durchaus bekannt ist, dass Timing für das Krafttraining wichtig ist, begreifen Wissenschaftler erst jetzt, wie die Muskeln mittels der neu entdeckten Muskeluhren das Timing überwachen und bei ihrer Arbeit berücksichtigen.

Kapitel 1 befasst sich mit der Frage, was Muskeluhren überhaupt sind und warum sie für die Zukunft des Krafttrainings so wichtig sind. Muskeluhren sind nur eine von vielen internen biologischen Uhren, darunter die Hauptuhr im Gehirn und die vielen anderen gewebespezifischen Uhren wie Knochen-, Sehnen- und Knorpeluhren, die den Körper in einem täglichen 24-Stunden-Takt halten. In Kapitel 1 wird erklärt, wie Muskeluhren spezifische Cues nutzen, um Zeitintervalle zu überwachen und die molekularen Prozesse, die für Kraftsteigerungen zuständig sind, mit den Workouts, die sie nun antizipieren können, zu koordinieren. In diesem Kapitel wird ausführlich auf diverse Studien eingegangen, die zeigen, dass jeder der über 600 Skelettmuskeln seine eigene innere Uhr hat, die den Muskeln beibringt, bevorstehende Workouts vorherzusehen. Hier wird die Theorie vorgestellt, dass Muskeln intelligente Regulatoren sind, die selbst Aktionen einleiten, statt nur auf die Befehle des Zentralnervensystems zu reagieren. Indem die neuen Forschungsergebnisse über die Muskeluhren mit dem klassischen Konzept der Trainingsperiodisierung verknüpft wird, zeigt Kapitel 1, dass Muskeluhren nicht nur die Muskelmasse, die Maximal- und die Schnellkraft verbessern, sondern auch die Erholung beschleunigen.

Das Timing aller Workouts ist entscheidend, weil es hilft, den Interferenzeffekt oder Wettstreit zwischen Kraft- und Ausdauertraining zu vermeiden. Dazu werden in Kapitel 2 die Interferenztheorie, ihre Mechanismen und Möglichkeiten zur Entwicklung von Kraft-Workouts und -programmen erläutert. Krafttraining und kardiovaskuläres Ausdauertraining sind zwei miteinander konkurrierende Trainingsmethoden, die unterschiedliche molekulare Prozesse in den Muskeln bewirken und diese dadurch verwirren. Wenn Kraft und Ausdauer im selben Workout oder sogar am selben Tag trainiert werden, kann sich das negativ auf die Muskelleistung auswirken. Das liegt daran, weil Muskeln nach gleichbleibenden Cues suchen, um einen Anhaltspunkt zu bekommen,

welche molekularen Prozesse sie einleiten sollen. Die molekularen Prozesse unterscheiden sich abhängig vom Trainingsziel und suchen nach jeweils anderen Cues. Wenn die Cues völlig verschieden sind – wie zum Beispiel laufen und eine Kniebeuge machen – und innerhalb einer Stunde eintreten, wissen die Muskeln nicht, was sie tun sollen, weshalb sie »dichtmachen«, und diese Reaktion wirkt sich negativ auf die Leistung aus.

Im ersten Teil von Kapitel 2 wird ausführlich darauf eingegangen, was die Muskelverwirrung auf molekularer Ebene verursacht. Hier wird erläutert, was in der Forschung diskutiert wird, nämlich die Frage, wie die Art des Trainings, der Modus, die Frequenz, das Volumen, die Intensität und die Dauer der Trainingseinheiten in den Muskeln Interferenzen verursachen und zu negativen Trainingsresultaten beitragen. Der zweite Teil des Kapitels setzt sich mit der Tatsache auseinander, dass die meisten Athletik- und Fitnessprogramme aus einer Form von Kraft- und Ausdauertraining bestehen müssen; daher werden in diesem Kapitel Lösungen aufgezeigt, wie man Workouts und Programme so gestalten kann, dass ein Interferenzeffekt weitgehend vermieden wird.

KAPITEL 1



Was ist eine Muskeluhr?

Obwohl der Wissenschaft schon seit Anfang der 1970er-Jahre die Existenz einer Hauptuhr bekannt ist,¹ ist die Entdeckung der Muskeluhren vergleichsweise neu. Zylka und Kollegen stellten 1998 erstmals die Theorie von der Existenz der Muskeluhren auf.² Studien haben gezeigt, dass sich die Zerstörung von Muskeluhren negativ auf die Skelettmuskeln auswirkt. Die Muskeln werden schwach und weisen eine geringere Anzahl von Mitochondrien sowie eine reduzierte Funktionalität auf.^{3,4} Obwohl die Funktionsweise der Muskeluhren noch nicht vollständig erforscht ist und Wissenschaftler gerade erst anfangen, die Bedeutung der Muskeluhren und ihre Wirkung auf die Muskelleistung zu begreifen, ist offensichtlich, dass Muskeluhren eine wichtige Rolle für die Regulierung der Muskelfunktion und damit für die sportliche Leistungsfähigkeit spielen.

Das Ziel aller internen Uhren ist es, den Körper rund um die Uhr auf die Außenumgebung abzustimmen, einen zirkadianen Rhythmus zu erschaffen, der den Körper auf tägliche Umweltveränderungen wie den Wechsel von Tag und Nacht vorbereitet und Schlaf- und Wachzeiten beeinflusst.

Muskeluhren: Was sie sind und wozu sie dienen

Muskeluhren sind Transkriptionsfaktoren oder Gene in jedem Muskel, die, abhängig von Umgebungsveränderungen und der körperlichen Aktivität, physiologische Kreisläufe regulieren. Die Hauptaufgabe der Muskeluhren ist zu überprüfen, was in 24 Stunden innerhalb und außerhalb des Körpers geschieht. Damit die Muskeln optimal arbeiten können, achten die Muskeluhren akribisch auf Dinge wie Tag-Nacht-Phasen, Aktivitäts-Ruhe-Zyklen, Hormonspiegel, Körpertemperatur und Ernährungs- und Bewegungsgewohnheiten.

Die Entdeckung dieser internen autonom-regulativen Uhren im Muskel ist wichtig, weil sie unsere Sichtweise auf die Muskeln verändert. Muskeln reagieren nicht einfach auf die Befehle des Zentralnervensystems; vielmehr sind sie selbst in der Lage, eine Aktion zu verursachen.

Muskeluhren spielen für die Regulierung der Muskelfunktion eine Rolle. Sie kommunizieren nicht nur miteinander, son-

dern auch mit dem muskuloskelettalen System, dem Gehirn und dem gesamten Körper. Muskeluhren synchronisieren Muskeln mit der biologischen Hauptuhr im Gehirn. Sie verbinden die Muskeln auch mit anderen peripheren Uhren im Gewebe innerhalb und außerhalb des muskuloskelettalen Systems.

Muskeluhren sind wie interne Tempomacher. Auf Zellebene stellt eine molekulare Uhr eine essenzielle Methode der Zeitnahme dar, um den Muskel auf die täglichen Veränderungen in der Umgebung vorzubereiten. Die Kapazität, die molekulare Uhr und intrazelluläre Aktivität mit äußeren Ereignissen wie dem Tag-Nacht-Zyklus zu synchronisieren, weist auf eine Fähigkeit hin, sich an Umweltbedingungen anzupassen. Unter diesem Gesichtspunkt sind Muskeln klug und beweisen die Fähigkeit, sich auf ihre Umgebung einzustellen. Ein Beispiel für eine andere Uhr des muskuloskelettalen Systems ist eine Knochenuhr; ein Beispiel für eine periphere Uhr ist jene, die sich in der Leber befindet.

Die Muskeluhren und ihr Verhältnis zum Muskelgewebe

Die Muskulatur macht etwa 40 bis 45 Prozent der Gesamtmasse des Körpers aus und ist damit das mengenmäßig am stärksten vertretene Gewebe im menschlichen Körper. Allein aufgrund ihres Volumens macht es schon Sinn, dass die Muskulatur nicht einfach ein Effektor oder Befehlsemp-

fänger ist, eine Struktur, die vom Zentralnervensystem gesteuert wird und nur auf seine Befehle reagiert. Die Muskulatur ist vielmehr ein wichtiger Regulator, der in anderen Körpersystemen bestimmte Prozesse auslöst und Fähigkeiten besitzt, die weit über eine bloße Befehlsausführung gehen.

Alles, was Muskeln tun, wirkt sich auf den gesamten Körper aus. Die Entdeckung, dass Muskeln Uhren haben, die ihre Funktionen kontrollieren und mit anderen Körpersystemen kommunizieren, ist revolutionär. Sie zeigt, dass Muskeln durch eine Vielzahl von Cues, einschließlich strategisch geplanter Workouts, eine entscheidende Rolle spielen, um die Funktionsfähigkeit des gesamten Körpers zu regulieren. Mithilfe der Muskeluhren kommunizieren die Muskeln beispielsweise mit der Leber, sie spielen also auch für die Aufrechterhaltung der metabolischen Homöostase im Körper eine wichtige Rolle.

Die Vorstellung, dass Muskeln mehr als Befehlsempfänger sind, ist nicht neu. Weil die Muskelmasse einen großen Anteil des Gesamtkörpergewichts ausmacht, erschien es vielen Fachleuten unlogisch, dass die einzige Funktion der Muskulatur darin bestehen sollte, auf die Befehle des Zentralnervensystems zu reagieren und Bewegungen auszuführen. Obwohl die Hypothese nicht neu ist, sind die Beweise, die die Vorstellung stützen, neu; deshalb werden wir in diesem Kapitel noch ausführlicher darauf eingehen.



Die Gesamtmenge unserer Muskeln

Es gibt mehr als 600 Skelettmuskeln im menschlichen Körper. Jeder Muskel hat seine eigene Muskeluhr, die aus vielen verschiedenen Arten von genetischem Material bestehen.^{5,6} Weil Menschen über 600 Muskeln haben und jeder Muskel seine eigene Uhr hat, gibt es über 600 Skelettmuskeluhren, die 24 Stunden am Tag arbeiten, um die Muskelaktivität mit der Hauptuhr im Gehirn und der Umgebung zu synchronisieren. Muskeluhren lassen sich nicht pauschal über einen Kamm scheren. Sie unterscheiden sich abhängig von der Zusammensetzung der Fasertypen in den einzelnen Muskeln. Auf die Bedeutung der verschiedenen Arten von Muskeluhren werden wir im weiteren Kapitelverlauf noch zu sprechen kommen.

Der Stoff, aus dem Muskeluhren gemacht sind

Die Muskeluhren befinden sich in den Muskeln. Sie bestehen aus Transkriptionsfaktoren, ein sequenzspezifisch bindender Faktor, der die Transkriptionsrate genetischer Informationen kontrolliert (Transkription ist der Prozess, durch den genetische Informationen aus einem DNA-Strang verwendet werden, um einen komplementären RNA-Strang zu produzieren) und der an der Umwandlung von DNA in RNA beteiligt ist (Abbildung Seite 19). Sobald die DNA

in RNA umgewandelt worden ist, wird die RNA benutzt, um Gene zu regulieren und mit ihrer Hilfe genetische Informationen in Proteine umzusetzen, die für die Funktion der Muskeluhren wichtig sind. Zu den Transkriptionsfaktoren zählen essenzielle Proteine, die die Genaktivität im Muskel einleiten und regulieren. Jede innere Uhr besteht aus zahlreichen Transkriptionsfaktoren, die für die Steuerung der Uhr unterschiedliche Rollen spielen. Manche dieser Transkriptionsfaktoren sind der molekularen Kernuhr vorbehalten, während andere in verschiedenen Arten von Uhren zu finden sind; die Muskeluhren enthalten auch Gene, die für skelettmuskelspezifische Funktionen wichtig sind, unter anderem die Proteine Myosin und Troponin, die für den Stoffwechsel und die ATP-Synthese wichtig sind.

Muskeluhren im Tagesverlauf

Alle biologischen Uhren unterliegen einem 24-Stunden-Takt. Der 24-Stunden-Zyklus spiegelt sich in den täglichen Veränderungen des gesamten Körpers, im globalen Muster der Genexpression und im Stoffwechsel wider. Mit anderen Worten: Die Transkriptionsfaktoren im Muskel und in den anderen (Körper-)Uhren verhalten sich je nach Tageszeit und einwirkendem Stimulus anders.

Die lokale Aktivität von spezifischem peripherem Gewebe wie dem Muskelgewebe spiegelt den 24-Stunden-Zyklus ihrer Uhren wider. Muskeluhren lernen einen